



2020

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 26 № 1

*Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
видається з 1938 року*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2020

Articles with the results of fundamental theoretical developments and applied research in the field of technical and economic sciences are published in this journal. The scripts of articles are reviewed beforehand by leading specialists of corresponding branch.

The journal was designed for professors, tutors, scientists, post-graduates, students of higher education establishments and executives of the food industry.

Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is included into the list of professional editions of Ukraine of technical (specialties — 121, 126, 133, 141, 144, 151, 162, 181) and economic sciences (specialties — 051, 073, 075), category “B” (Decree of MES of Ukraine # 975 from July 11, 2019), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

The Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is indexed by the following scientometric databases:

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

The Journal is recommended for publication of research results by the Ministry of Science and Higher Education of Poland.

Editorial office address:

National University of
Food Technologies
Volodymyrska str., 68,
building B, room 412
01601 Kyiv, Ukraine

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 8 from 27th of February, 2020

© NUFT, 2020

У журналі публікуються статті за результатами фундаментальних теоретичних розробок і прикладних досліджень у галузі технічних та економічних наук. Рукописи статей попередньо рецензуються провідними спеціалістами відповідної галузі.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, докторантів і студентів вищих навчальних закладів, керівників підприємств харчової промисловості.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних (спеціальності — 121, 126, 133, 141, 144, 151, 162, 181) та економічних наук (спеціальності — 051, 073, 075), категорія «Б» (Наказ МОН України № 975 від 11.07.2019), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» індексується такими наукометричними базами:

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

Журнал рекомендовано Міністерством науки і вищої освіти Польщі для публікації результатів наукових досліджень.

Адреса редакції:

Національний університет
харчових технологій
вул. Володимирська, 68,
корпус Б, к. 412,
м. Київ, 01601

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 8 від 27 лютого 2020 року

© НУХТ, 2020

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор

Editor-in-Chief

Анатолій Українець

Anatoliy Ukrainets

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Заступник головного редактора

Deputy chief editor

Олександр Шевченко

Olexander Shevchenko

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Відповідальний секретар

Accountable secretary

Юрій Пенчук

Yuriy Penchuk

канд. техн. наук, доц., Україна

Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Члени редакційної колегії:

Агота Гедре Райшене

Agota Giedre Raisiene

д-р екон. наук, Литва

Ph. D. Hab., Lithuanian Institute of Agrarian Economics, Lithuania

Атанаска Тенева

Atanaska Teneva

д-р екон. наук, доц., Болгарія

Ph. D. Hab., University of Food Technologies, Bulgaria

Анатолій Зайнчковський

Anatoly Zainchkovskiy

д-р екон. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Анатолій Ладанюк

Anatoly Ladanyuk

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Андрій Маринін

Andrii Marynin

канд. техн. наук, ст. наук. сп., Україна

Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Брайан Мак Кенна

Brian McKenna

д-р техн. наук, проф., Ірландія

Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland

Валерій Мирончук

Valeriy Myronchuk

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Василь Кишенько

Vasyl Kyshenko

канд. техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Василь Пасічний

Vasyl Pasichnyi

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Віктор Доценко

Victor Dotsenko

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Віктор Стабніков

Viktor Stabnikov

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Володимир Зав'ялов

Volodymyr Zavialov

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine

Володимир Іванов Volodymyr Ivanov	д-р. біол. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Галина Колісник Halyna Kolisnyk	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., Uzhhorod National University, Ukraine
Галина Поліщук Halyna Polishchuk	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Герхард Шльонінг Gerhard Schleining	д-р техн. наук, Австрія Ph. D. Hab., Prof., University of Natural Resources, Austria
Дайва Лескаускайте Daiva Leskauskaitė	д-р техн. наук, проф., Литва Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
Ірина Штулер Iryna Shtuler	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National academy of management
Кристина Сильва Cristina L.M. Silva	д-р техн. наук, проф., Португалія Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa
Лада Шірінян Lada Shirinyan	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Лариса Арсеньєва Larisa Arsenyeva	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Наталія Луцька Nataliia Lutska	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Бутнік-Сіверський Oleksandr Butnik-Siverskyi	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Гавва Oleksandr Gavva	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Кургаєв Oleksandr Kurgaev	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олена Дерев'янка Olena Derevianko	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олена Стабнікова Olena Stabnikova	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Паола Піттія Paola Pittia	д-р техн. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Teramo, Italy
Володимир Ковбаса Volodymyr Kovbasa	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Світлана Бондаренко Svitlana Bondarenko	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Світлана Літвинчук Svitlana Litvynchuk	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Сергій Чумаченко Serhii Chumachenko	д-р техн. наук, ст. наук. сп., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Хууб Лелієвельд Huub Lelieveld	Нідерланди Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, Netherlands

ЗМІСТ Біотехнології

Пирог Т. П., Тимошук К. В., Ключка І. В. 7
Альтернативні антибіотикам антимікробні препарати

Економіка, менеджмент і маркетинг
Жужукіна Н. І., Корєпова А. О. 26
Динаміка ВВП як запобіжник подолання бідності

Міліневська В. Д., Кудренко Н. В. 35
Поняття та види інформаційних систем в управлінні підприємством

Денисенко М. П., Поліщук М. Р., Білко М. В. 41
Співробітництво України з міжнародними фінансовими організаціями

Чернелевський Л. М., Дьоміна М. І. 50
Модернізація Державної податкової служби на прикладі електронного кабінету платника податків

Мельник О. П., Казимірчик Н. М. 57
Застосування концепції кайзен на підприємствах харчової промисловості

Еш С. М., Гончаренко А. С. 63
Роль фондових бірж у розвитку економіки України

Кравченко І. Й. 71
Підходи до визначення оцінки та класифікації речовин із солодким смаком

Механічна та електрична інженерія
Турчина Т. Я., Малецька К. Д., Жукотський Е. К. 82
Досвід удосконалення розпилювальної сушарки для екстрактів термопластичних матеріалів

Поржезінський Ю. Г. 91
Нові технологічні рішення у підготовці води для водогрійних котлів і теплових мереж

Шевченко О. Ю., Бедрик О. В. 98
Визначення оптимального числа флегми для ректифікаційної колони циклічної дистиляції та порівняння його із стаціонарним

Соколенко А. І., Васильківський К. В., Литвинчук С. І. 104
Енергоматеріальні імпульси в газорідних середовищах

Фізико-математичні науки
Медвідь Н. В., Гнатівський О. В. 115
Динамічні резонанси енергії в системі дифракційних решіток

Харчові технології
Сімахіна Г. О., Камінська С. В., Литвинець Л. Ф. 125
Характеристика ресурсних складових інноваційного підприємства з виробництва заморожених плодів і ягід

Божко Н. В., Тищенко В. І., Пасічний В. М. 134
Дослідження споживчої та біологічної цінності м'ясомістких посічених напівфабрикатів

Григоренко Н. О., Гусятинська Н. А., Вакулюк П. В., Чібріков В. В. 142
Удосконалення технології цукровмісного соргового сиропу з використанням мембранних методів

CONTENTS Biotechnology

Pirog T., Tymoshuk K., Kliuchka I. 7
Antimicrobial preparations alternative to antibiotics

Economy, Management and Marketing
Zhuzhukina N., Korieпова A. 26
Gross Domestic Product dynamics as a fuse of poverty overcome

Milinevska V., Kudrenko N. 35
The concept and types of information systems in management of enterprise

Denisenko M., Polishchuk M., Bilko M. 41
Cooperation of Ukraine with international financial organizations

Chernelevsky L., Diomina M. 50
Modernization of the State Tax Service on the example of the taxpayer's electronic cabinet

Melnyk O., Kazymirchuk N. 57
Use of the Kaizen concept at the food enterprise

Esh S., Honcharenko A. 63
The role of Stock Exchanges in the development of the economy of Ukraine

Kravchenko I. 71
Approaches to determination of assessment and classification of substances with sweet taste

Mechanical and Electrical Engineering
Turchyna T., Maletzka K., Zhukotskyi E. 82
Experience of improvement of spray dryer for thermoplastic material extractors

Porzhezinsky U. 91
New technological solutions for the preparation of water for hot water boilers and thermal systems

Shevchenko O., Bedrick O., Maleta V. 98
Determination of the optimal phlegm number for the rectification column of a cycle distillation and comparing it to a stationary column

Sokolenko A., Vasylykivsky K., Litvynchuk S. 104
Energy material impulses in gas-liquid media

Physical and Mathematical Sciences
Medvid N., Gnatovskiy O. 115
Dynamic energy resonances in the diffraction grating system

Food Technology
Simakhina G., Kaminska S., Lytvynets L. 125
Characteristics of resource components of innovative enterprise to produce frozen fruit and berries

Bozhko N., Tischenko V., Pasichnyi V. 134
Researching of consumer and biological value of meat-containing semi-finished minced products

Hryhorenko N., Husiatynska N., Vakuliuk P., Chibrikov V. 142
Improvement of technology for obtaining sugar-containing sorghum syrup with the use of membrane methods

- Камбулова Ю. В., Звягінцева-Семенець Ю. П., Решітник Н. Я.* Формування мікроструктури емульсійно-пінної структури кремів із збитих вершків пониженої жирності з лактулозою
- Кочубей-Литвиненко О. В., Білик О. А.* Перспективи використання сухих багатокомпонентних концентратів на основі молочної сироватки в технології хліба пшеничного
- Дудко С. Д., Федоров В. Г.* Досягнення і проблеми у вивченні процесу випікання масивних борошняних виробів: огляд літератури. Частина 2: тепло і масоперенос у пекарній камері печі
- Сильчук Т. А., Сахненко К. О., Зуїко В. І.* Шляхи розширення асортименту хлібних виробів для закладів ресторанного господарства
- Матко С. В., Мельник Л. М., Ткачук Н. А., Зоткіна Л. В.* Дослідження змін в овочевій сировині в процесі ферментування
- Корж Т. В., Супрун-Крестова О. Ю., Кирилюк В. В.* Вплив параметрів водотеплового оброблення насіння льону на перехід сухих речовин у воду
- Романова З. М., Лойко С. М., Романов М. С.* Удосконалення технології пива завдяки використанню пряно-ароматичної рослинної сировини
- Шеманська Є. І., Мачин Н. В.* Технологічні режими пресування олійних культур родини хрестоцвітних
- Жук В. О., Шевченко І. І.* Переваги використання білково-жирових емульсій у технології реструктурованих шинкових виробів
- Дорохович В. В.* Борошняні кондитерські вироби для хворих на цукровий діабет із застосуванням продуктів переробки моркви
- 153 *Kambulova Yu., Zvyagintseva-Semenets Yu., Reshitnik N.* Formation of the microstructure of the emulsion-foam structure of creams from whipped cream with low fat content with lactulose
- 165 *Kochubei-Lytvynenko O., Bilyk O.* Prospects of use of dry multicomponent concentrates on the basis of milk whey in the technology of wheat bread
- 175 *Dudko S., Fedorov V.* Advantages and problems in studying of massive flour goods baking: literature review. Part 2: heat and mass transfer in oven's baking chamber
- 188 *Sylchuk T., Sakhnenko K., Zuiko V.* Ways of extension of assortment of bakery products for restaurant business
- 195 *Matko S., Melnyk L., Tkachuk N., Zotkina L.* The research of changes in vegetable raw materials during the fermentation process
- 204 *Korzh T., Suprun-Krestova O., Kyrylyuk V.* Effect of water thermal treatment parameters of flax seeds on the transfer of dry matters into the water
- 213 *Romanova Z., Loyko S., Romanov M.* Improvement of beer technology due to the use of the spicy-aromatic plant raw material
- 223 *Shemanska Y., Machyn N.* Technological modes of cruciferae oil seeds pressing
- 231 *Zhuk V., Shevchenko I.* Advantages of the use of protein-fat emulsions in the technology of restructured ham products
- 238 *Dorohovych V.* Flour confectionery products for people with diabetes with the use of products from processing carrots

Хімічні науки

- Фоменко В. В., Кроніковський О. І.* Наноматеріали: перспективи використання та ризики для біосфери
- 245 *Fomenko V., Kronikovskiy O.* Nanomaterials: prospects of use and risks for the biosphere

Chemical Sciences

ANTIMICROBIAL PREPARATIONS ALTERNATIVE
TO ANTIBIOTICS

T. Pirog, K. Tymoshuk, I. Kliuchka

National University of Food Technologies

Key words:

*Antibiotic resistance
Natural antimicrobial
compounds
Bacteriophages
Essential oils
Lectins
Bacteriocins
Surfactants*

Article history:

Received 03.12.2019
Received in revised form
19.12.2019
Accepted 13.01.2020

Corresponding author:

T. Pirog
E-mail:
tapirog@nuft.edu.ua

ABSTRACT

Now antibiotics occupy a leading place in the therapy of a wide range of infectious diseases. Antibiotics are characterized by a wide spectrum of action, affecting not only pathogenic microorganisms, but also the normal human microbiota, so their use brings more harm than good. In addition, the uncontrolled use of antibiotics, non-compliance with therapeutic doses and the irrational selection of antimicrobial substances cause the spread of antibiotic resistance. Nowadays, even the newest generations of antibiotics are not able to inhibit multi-resistant strains and in-hospital pathogens.

Antimicrobial substances of natural origin, such as bacteriocins, surfactants, lectins and essential oils, as well as bacteriophages, can become a worthy substitute for antibiotics. These compounds are non-toxic and characterized by purposeful action. Most of them, besides antimicrobial action, are characterized by anti-adhesive, immunomodulatory properties, have antitumor activity, which makes them much more attractive for further study than antibiotics.

However, antimicrobial preparations alternative to antibiotics also have some disadvantages. Thus, research on phages is a complicated process, in addition, the action of bacteriophages is not fully disclosed in details. Essential oils are more likely to be replaced by antibiotics, but their effective concentration is quite high (up to several mg/ml). Lectins are less studied as antimicrobial agents compared with other substances (their anti-tumor and anti-viral effects are more studied). The most promising antimicrobial compounds are bacteriocins and surfactants — natural compounds whose effective concentrations are fairly low (several $\mu\text{g/ml}$), including in relation to multi-resistant pathogens and methicillin-resistant staphylococci, which has lost sensitivity to antibiotics.

АЛЬТЕРНАТИВНІ АНТИБІОТИКАМ АНТИМІКРОБНІ ПРЕПАРАТИ

Т. П. Пирог, К. В. Тимошук, І. В. Ключка

Національний університет харчових технологій

Нині антибіотики займають провідне місце у лікуванні інфекційних захворювань, оскільки характеризуються широким спектром дії, впливаючи не лише на патогенні мікроорганізми, а й на нормальну мікробіоту людини, тому їх використання завдає більше шкоди, ніж користі. Крім того, неконтрольоване використання антибіотиків, недотримання терапевтичних доз і нераціональний підбір антимікробних речовин є причиною поширення антибіотикорезистентності. Натепер навіть новітні покоління антибіотиків не здатні інгібувати мультирезистентні штами та внутрішньолікарняні патогени.

Гідною заміною антибіотикам можуть стати такі антимікробні речовини природного походження, як бактеріоцини, поверхнево-активні речовини, лектини та ефірні олії, а також бактеріофаги. Наведені сполуки є нетоксичними і характеризуються цілеспрямованою дією. Більшість з них, крім антимікробної дії, характеризується антиадгезивними, імуномодуючими властивостями, проявляє протипухлинну дію, що робить їх набагато привабливішими для подальшого дослідження.

Проте альтернативним антибіотикам антимікробним агентам притама- нні й деякі недоліки. Так, дослідження фагів є достатньо складним процесом, окрім того, дія бактеріофагів нині детально нерозкрита. Ефірні олії більш імовірна заміна антибіотикам, однак їх ефективна концентрація є достатньо високою (до кількох мг/мл). Лектини, порівняно з іншими речовинами, найменше досліджені як антимікробні агенти (більш відомою є їхня протипухлинна та антивірусна дія). Найперспективнішими антимікробними сполуками є бактеріоцини та поверхнево-активні речовини — природні сполуки, ефективні концентрації яких є досить низькими (кілька мкг/мл), у тому числі й щодо мультирезистентних патогенів і метицилін-стійких стафілококів, які втратили чутливість до антибіотиків.

Ключові слова: антибіотикорезистентність, природні антимікробні сполуки, бактеріофаги, ефірні олії, лектини, бактеріоцини, поверхнево-активні речовини.

Постановка проблеми. Нині у всьому світі з'являється все більше фармацевтичних підприємств, розробляються технології сучасних ліків і вдосконалюються вже існуючі препарати. Чи не найбільшу нішу на фармацевтичному ринку займають антибіотики (відомо близько 6000 тис. антибіотиків) [1]. Проте, незважаючи на розмаїття цих лікарських засобів, а також на те, що антибіотики були відкриті менше 100 років тому (відкриття пеніциліну А. Флемінгом, 1928 р.), вже нині існує велика кількість резистентних мікроорганізмів, і їхня кількість щороку експоненційно зростає.

Загрозою також стає швидка поява в мікроорганізмів нових механізмів стійкості, що призводить до виникнення полірезистентних штамів, нечутливих до дії антибіотиків. Упродовж останнього десятиліття Європа зіштовхнулася із проблемою супербактерій, які набули стійкості до карбонемів — антибіотиків останнього покоління [2; 3]. У разі збільшилась стійкість до цефалоспоринових третього покоління таких відомих збудників захворювань, як *Klebsiella pneumoniae* (понад 50% резистентних штамів), *Escherichia coli* (10—25% резистентних штамів), зросла резистентність *Staphylococcus aureus* до метициліну (понад 50% резистентних штамів) тощо [2—4]. Це свідчить про надзвичайну «кмітливість» бактерій, адже відомо, що антимікробні препарати діють на певну мішень у клітині і, як тільки вченими створюється новий антибіотик, мікроорганізми одразу ж знаходять шляхи подолання спрямованої дії «антибіотик→мішень→клітина» [2; 3].

Такі дані дали змогу офіційним органам охорони здоров'я висунути припущення, що найближчим часом навіть прості лікарняні інфекції не будуть піддаватись лікуванню. За даними останніх досліджень, до 2050 р. кількість смертей, спричинених резистентними штамми – збудниками інфекційних захворювань, становитиме 10 мільйонів на рік [5].

Зазначимо, що останнім часом провідні фармацевтичні компанії, розуміючи невігідність розробки нових антибіотиків, почали втрачати до них інтерес, переключаючись на інші, більш рентабельні групи препаратів [2]. Так, згідно зі статистичними даними у 2000-х роках лише близько 1,6% антибіотиків розроблялись п'ятнадцятьма найбільшими фармацевтичними підприємствами. Проте станом на 2013 р. більшість провідних компаній зовсім закрили підрозділи розробки антибіотиків (Sanofi Aventis, Eli Lilly, Bristol-Myers Squibb, Roche, GlaxoSmithKline, Proctor & Gamble, Wyeth) [6].

Такі дані та статистика засвідчують необхідність пошуку альтернативних антибактеріальних препаратів, оскільки антибіотики більше не забезпечують повноцінної терапевтичної дії, а іноді замість позитивного лікувального ефекту спричиняють негативний.

Зрозумівши недосконалість антибіотикотерапії, вчені звернули свою увагу на пошук антибактеріальних препаратів серед інших сполук. Так, дослідники зацікавилися бактеріофагами, наночасточками металів, пептидами, лектинами, бактеріоцинами та поверхнево-активними речовинами (ПАР), оскільки відомо, що вони виявляють широкий спектр бактеріостатичної та бактерицидної дії і можуть стати антимікробними препаратами сучасності [7—16].

Метою дослідження є узагальнення та аналіз сучасних наукових публікацій щодо альтернативних антибіотикам антимікробних препаратів.

Викладення основних результатів дослідження. *Причини виникнення стійких до антибіотиків мікроорганізмів.* Нині можна визначити одразу кілька причин і факторів, що сприяють виникненню резистентних форм мікроорганізмів [17—23]. По-перше, перехресна стійкість. Мікроорганізми, яким притаманна стійкість до одного антибіотика, одночасно стійкі й до інших антибіотичних речовин, подібних до першого за механізмом дії. Так, мікроорганізми, що стали стійкими до тетрацикліну, одночасно набувають стійкості до хлор-тетрацикліну і окситетрацикліну [17]. По-друге, наявність R-факторів, або

факторів резистентності. Поширення R-факторів серед хвороботворних бактерій найбільшою мірою знижує ефективність лікування багатьма антибіотиками порівняно з іншими видами мікробної стійкості, тому що зумовлює стійкість одночасно до кількох антибактеріальних речовин [19; 20]. У популяції мікроорганізмів існують стійкі форми мікроорганізмів (приблизно одна клітина на мільйон). За наявності антибіотика основна маса клітин популяції гине (якщо антибіотик спричиняє бактерицидну дію) або припиняє розвиток (у разі бактеріостатичної дії). У той же час стійкі до антибіотика поодинокі клітини продовжують безперешкодно розмножуватися. Стійкість до антибіотика цими клітинами передається спадково, даючи початок нової, стійкої до антибіотика наступній популяції. По-третє, людський фактор [18—22].

Усе частіше антибіотики використовують для профілактики захворювань. Незважаючи на те, що неправильне застосування антибіотиків хворими вже давно визнається однією з головних причин виникнення стійких до цих ліків мікроорганізмів, все одно достатньо часто ці медикаменти призначаються легковажно. Антибіотики є сильними лікарськими засобами, що повинні призначатись для лікування лише важких захворювань і тільки відповідно до інструкції. Окрім того, невиконання стандартної схеми лікування також призводить до того, що мікроорганізми можуть сформувати певний захист і стати нечутливими до дії препарату. По-четверте, використання антибіотиків у тваринництві з метою запобігання захворюванням сільськогосподарських тварин [18—23]. Це призводить до того, що разом із м'ясом тварин людина вживає мікроорганізми, які можуть бути резистентними до антибіотиків.

Перспективні антимікробні препарати біологічного походження. Відомо, що мікроорганізми та рослини є продуцентами цінних біологічно активних речовин [24; 25]. Так, один мікроорганізм може синтезувати до 50 таких практично цінних вторинних метаболітів, яким притаманна антимікробна, хіміотерапевтична (цитотоксична, противірусна) та фармакологічна (інгібітори ферментів, імуномодулятори, імуносупресори) активність. Інформація про розмаїття таких практично важливих мікробних метаболітів узагальнена у нещодавно опублікованому огляді [26].

Серед цих продуктів мікробного походження найбільше цікавлять дослідників сполуки, для яких була встановлена антимікробна дія. На відміну від антибіотиків, яким притаманні побічні дії (лихоманка, нудота, запалення кишечнику, облісіння тощо), альтернативні їм біологічно активні речовини характеризуються високою біоактивністю та біоспецифічністю, низькою токсичністю, структурним різноманіттям [16; 24; 26].

Бактеріофаги. Бактеріофаги (фаги) — це віруси, що специфічно інфікують бактерії. Деякі вчені вважають, що саме бактеріофаги є антибактеріальними ліками XXI століття [10; 11]. Так, вже певний час досліджується можливість використання бактеріофагів у медицині та харчовій промисловості. Такий інтерес зумовлений участю бактеріофагів у геохімічних циклах, що засвідчує їх екологічну роль на планеті, а також тим, що бактеріофаги еволюціонували разом з бактеріями впродовж мільйонів років, набувши здатності до їх ефективного інфікування. Тож фаги стають потенційною зброєю у боротьбі з патогенними бактеріями [10; 11; 27—36].

Використання фагів у харчовій промисловості, сільському господарстві та медицині. У процесі виробництва харчових продуктів існує два основні шляхи їх контамінації. Один з них — це наявність патогенної мікробіоти у вихідній сировині, другий — працівники, задіяні в виробничому процесі, які можуть бути носіями шкідливих мікроорганізмів. Тому використання фагів на перших етапах виробництва може знизити можливість контамінації, а введення фагів уже в процесі виготовлення продукту запобігає реконтамінації [30].

Така стратегія була застосована для боротьби з бактеріями роду *Listeria* у виробництві сиру та представниками роду *Escherichia* під час виготовлення м'ясопродуктів, а у 2005 р. Агентство з охорони навколишнього середовища США схвалило використання фагів для ліквідації бактеріальних нальотів, що з'являються на помідорах і перці [30]. Нині встановлена активність бактеріофагів щодо трьох основних людських патогенів, які зустрічаються у тварин (*E. coli* O157:H7, *Salmonella* та *Campylobacter*), що засвідчує можливість заміни антибіотикотерапії на фаготерапію [30; 34; 36].

Нещодавні дослідження вчених показали, що низькі дози бактеріофагів ефективно інгібували розвиток *Escherichia coli* у курей [30]. При цьому для передачі хвороби від однієї курки до іншої потрібно кілька днів або навіть тижнів, тому раннє лікування фагами може зупинити масштабне інфікування. Зазначимо, що це не єдине свідчення щодо здатності фагів уражати патогени у тварин [32].

Проте ефективність фаготерапії як антимікробних препаратів достатньо складно перевіряти на людях, оскільки методи введення фагів (внутрішньовенно та внутрішньочеревно) не є достовірно безпечними, доки не доведено повну апірогенність бактеріофагів. Тому поки що є небагато свідчень про застосування фаготерапії замість антибіотиків. Однак така статистика зумовлена й тим, що антибіотики свого часу почали застосовуватись без перевірки їх впливу на конкретний збудник і вважалось, що вони виліковують усі захворювання. Нині ж існує ряд методик щодо виявлення ефективності та безпечності ліків, проте не завжди є змога перевірити бактеріофаги [34].

Однак літературні дані свідчать, що в Польщі тисячі пацієнтів пройшли лікування фагами, зокрема на базі Інституту імунології та експериментальної терапії Хиршфельда у Вроцлаві від початку його заснування у 1954 р. [34]. У США фаги використовували головним чином для отримання вакцин (причому як для людей, так і для тварин). Так, наприклад, стафілококовий фаговий лізат (SPL) застосовується для захисту тварин. Дослідження безпечності лізату, проведені у 1959 р., підтвердили можливість його використання і для лікування людей [34]. Зазначимо, що найбільший інтерес до фагів і використання фаготерапії в США спостерігався у 20—30 роки XX століття. Так, одні з перших досліджень підшкірного введення фагу проводили при Мічиганському департаменті охорони здоров'я, що дало змогу вилікувати 208 хворих на хронічний фурункульоз. Було також зареєстровано успішне лікування стафілококового менінгіту [34].

Висока ефективність фаготерапії продемонстрована в клінічних випробуваннях, проведених у 50—60 роках XX ст. [30]. 607 пацієнтів, які не реагували на традиційне лікування антибіотиками, добре перенесли фаготерапію, більш того

вона виявилась достатньо ефективною. Результати були вражаючими: 80% пацієнтів повністю одужали, 18% стали почувати себе набагато краще і лише у 2% не виявлено жодних змін. Окрім того, під час фаготерапії у пацієнтів не спостерігали ніяких побічних ефектів.

Propionibacterium acnes є одним із основних представників мікробіоти шкіри, а також мікроорганізмом, що бере участь у патогенезі акне [27]. У 2012 р. група дослідників з Лос-Анджелесу виявили фаг 11P, який ефективно інфікував клітини *P. acnes*. Окрім того, цей фаг виявив здатність вбивати також і інші бактерії, що спричиняють акне. Дослідники вважають, що саме фаги можуть допомогти у боротьбі із хворобами шкіри [27].

Окрім того, що фаги можуть застосовуватись для боротьби з планктонними (вільно існуючими) бактеріями, вони також можуть запобігати утворенню або руйнувати вже утворені біоплівки мікроорганізмів [34]. Бактеріальні біоплівки розвиваються в різноманітних місцях: від природних зон до технологічного та медичного обладнання, тому запобігання їх розвитку стає важливим завданням для вчених. Основним компонентом матриксу біоплівки є екзополісахариди, які захищають клітини від ураження. Проте було відкрито фаги, здатні руйнувати ці полімери [34]. Так, колифаги K29 та T4 проникають у матрикс *E. coli*, спричиняючи їх лізис. *E. coli* є одним з мікроорганізмів, що утворюють стійкі біоплівки. Фаг FS1 пригнічує синтез біоплівки *Pseudomonas fluorescens* на 85% [35]. Нарешті, лізини фагів (зокрема, фагу F11) здатні інгібувати утворення біоплівки *S. aureus* та пригнічувати утворення конгломерату *E. coli* та *Staphylococcus aureus*. Загалом, вчені вважають, що в майбутньому можливим є використання фагових ферментів як самостійних препаратів, оскільки вони ефективно діють як на грам-негативні бактерії, так і на відомі грам-позитивні збудники захворювань [34; 36].

Переваги та недоліки застосування фагів в антимікробній терапії. Незважаючи на певні позитивні ефекти, притаманні фаготерапії, у світі нині ведеться активна дискусія щодо можливості їх подальшого дослідження та застосування. Так, багато вчених вважають, що фаготерапія має достатньо недоліків, щоб не бути панацеєю майбутнього.

Розглянемо доводи «за» і «проти» застосування фагів. Основні переваги бактеріофагів [35]:

- спричиняють літичну дію, тому вражена ними клітина ніколи не зможе відновитись, тоді як деякі антибіотики є бактеріостатичними, тобто пригнічують життєдіяльність клітин, що змушує уражені клітини чинити ще сильніший опір;

- вибіркове «дозування»;

- фаги складаються з нуклеїнових кислот і протеїнів, тобто є нетоксичними. Проте не можна не звернути увагу на працю, у яких йдеться про необхідність застосування високоочищених фагових лізатів, оскільки відомо, що фаги можуть вступати в реакції з імунною системою. Наприклад, очищення необхідне для запобігання анафілактичного шоку як реакцію на такі бактеріальні компоненти, як ендотоксини;

- мінімальний вплив на нормальну мікробіоту людини;

- «швидке виявлення». Так, фаги проти потенційно патогенних бактерій легко виявити, наприклад, у стічних водах та інших відходах з високою концентрацією бактерій.

Поряд з перевагами існують певні недоліки застосування фаготерапії, які можна умовно розділити на чотири групи: відбір фагів, обмеження фагів своїми господарями, «унікальність» фагів як лікарських засобів, незнання фагів [30]. Проблеми, пов'язані з використанням фаготерапії такі: поява стійких клонів, вибірковість дії бактеріофагів (неможливість використання у разі, якщо бактеріальний штам не ідентифіковано), небезпечність бактеріофагів. Водночас існують стратегії їх можливого подолання: використання спеціальних «коктейлів», що гальмують розвиток резистентності та постійний контроль появи стійких штамів; застосування бактеріофагів із широким спектром дії. Навіть у цьому разі фаги характеризуються вужчим спектром дії, ніж один антибіотик, а отже, спричиняють менш шкідливу дію на мікробіоту людини. Крім того, застосовуються методи секвенування генів для усунення можливості використання бактеріофагів, що кодують синтез токсинів, а також якісне очищення фагових лізатів [30; 35].

Ефірні олії. Ефірні олії (ЕО) — природні сполуки, які одними з найперших почали використовувати як антимікробні речовини. З огляду на це, вчені вважають їх привабливими для подальшого дослідження, розкриваючи їхні нові та корисні властивості [37]. Компонентний склад ЕО досить широкий. Так, у загальному до їх складу входить близько 500 сполук, основними з яких є: терпени (монотерпени та сесквітерпени), терпеноїди (ізопреноїди), аліфатичні й ароматичні сполуки (альдегіди та феноли), спирти, ефіри та кетони, які, в основному, відповідають за біологічну активність ароматичних і лікарських рослин, їх аромат [38]. Однак відсотковий вміст окремих компонентів ЕО нестабільний і може залежати від багатьох факторів, у тому числі виду чи сорту рослини, екологічних умов, у яких проходив ріст рослини, від методів виділення ЕО та від того, з якої частини рослини їх отримано, пори року [37; 39; 40].

Вчені зазначають, що хімічний склад і кількість компонентів у складі ЕО визначають їх механізм дії на клітини мікроорганізмів. Так, наприклад, кетон карвон та терпени фенольної природи тимол і карвакрол, що є основними компонентами ефірної олії чебрецю та орегано, інгібують транспорт електронів, змінюють транслокацію білків і синтез клітинних компонентів. Такі фізіологічні зміни призводять до лізису та загибелі клітини. ЕО багаті на альдегіди та феноли, такі як евгенол, циннамальдегід і карвакрол, гальмують активність АТФази бактеріальних клітин, генерацію аденозинтрифосфату і порушують клітинну мембрану. Окрім внутрішньоклітинних змін, альдегіди та терпени (лимолен) в основному діють на мембрану бактерій, що супроводжується витоком цитоплазми [39—41].

Антимікробна активність ефірних олій. Однією з найважливіших властивостей усіх ЕО є їхній антимікробний ефект щодо широкого спектра мікроорганізмів. Так, олія часнику, основним компонентом якої є аліцин у концентрації 7 мкг/мл, інгібуює ріст *Candida albicans* за рахунок порушення функції мембрани дріжджів, дещо вища концентрація (28 мкг/мл) зупиняє синтез ферментів, РНК, ДНК та білків у клітинах *Escherichia coli* [42].

Тимол, що міститься в олії тмину, спричиняє антимікробну дію на *Bacillus cereus* (450 мкг/мл), *Erwinia carotovora* (1600 мкг/мл) та *E. coli* (225—5000 мкг/мл) в результаті порушення синтезу ергостеролу, пошкодження клітинної поверхні та генів, що беруть участь у метаболізмі сірки відповідно [43]. Окрім тимолу, до складу ефірної олії тмину входить карвакрол, що проявляє в основному антифунгальний ефект щодо дріжджів роду *Candida*, порушуючи баланс катіонів Ca^{2+} . Наявні у складі такої олії монотерпени р-цинем та γ -терпенен активні щодо *E. coli* (2500—5000 мкг/мл) та *S. aureus* (1250—34000 мкг/мл) за рахунок зниження потенціалу їх мембран [42, 43]. Мінімальна інгібуюча концентрація (МІК) самої ж олії тмину щодо *E. coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aureginosa* ATCC 27853, *S. aureus* ATCC 25932 та клінічних ізолятів *C. albicans* перебуває в межах 0,25—0,5 мг/мл [44]. Такі ж компоненти (карвакрол, тимол, р-цимен, γ -терпенен) є основними складниками ефірної олії орегано, механізмом антимікробної дії подібний до олії тмину. МІК олії орегано щодо *Micrococcus luteus* ATCC 7468, *Proteus vulgaris* ATCC 13315, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Corynebacterium xerosis* IAL105 становила в середньому 0,7—2,8 мг/мл, та була у 3,5—90 разів нижчою, ніж антибіотиків хлорамфеніколу та неоміцину [45].

Широкий спектр антимікробної дії притаманний і олії чайного дерева. Остання містить чотири основні компоненти, такі як терпенен-4-ол, α - і γ -терпенен, 1,8-кінеол і терпенолен. Механізи їх антимікробної дії полягає у втраті іонів калію і збільшенні проникненості цитоплазматичної мембрани. При цьому МІК ефірної олії чайного дерева щодо бактерій *E. coli* ATCC 8739 та *S. aureus* ATCC 6538 становила 1,08 мг/мл, а щодо *C. albicans* ATCC 10231 і *Aspergillus niger* ATCC 16404 — 2,17 і 4,34 мг/мл відповідно [46]. Значно вища антимікробна активність встановлена для олії чайного дерева, виділеної з листків і квітів: МІК щодо *S. aureus* RF 122, *S. epidermidis* MTCC 3615 та *Bacillus cereus* ATCC 11778 становила 12,5—25 мг/мл [47].

Ширший спектр дії характерний для ефірної олії кориці. Так, наявний у її складі циннамальдегід, виділений з кори дерева, у концентрації 379—1322 мкг/мл впливає на синтез АТФази у *E. coli*, інгібує гістидин карбоксилазу у *P. fluorescens* (3,15 мкг/мл), спричиняє витік та коагуляцію цитоплазми у *S. aureus* (2,1—750 мкг/мл) [43]. Мінімальна інгібуюча концентрація такої олії є значно нижчою порівняно з олією чайного дерева чи тмину. Так, МІК щодо *E. coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica* O9, *Proteus* spp. та *Klebsiella pneumonia* становив 12,5, 6,25, 1,5 та 3,15 мкл/мл, відповідно [37].

Встановлено ефект використання олії кориці у боротьбі з резистентними штамами *Acinetobacter baumannii*, що спричиняють пневмонію, менінгіт, хвороби сечовивідних шляхів. При цьому достатньо 0,5 мкл/мл розчину ефірної олії для інгібування *A. baumannii* ATCC 19606 [48]. У [49] встановлено антимікробний ефект ефірної олії кориці щодо *Acinetobacter* spp. А-06, при цьому мінімальна інгібуюча концентрація становила 625 мкг/мл.

Узагальнені дані щодо антимікробної активності ефірних олії наведено у табл.1. Ці дані засвідчують, що ефективна концентрація більшості ефірних олій є достатньо високою (до кількох мг/мл).

Таблиця 1. Дія ефірних олій на деякі мікроорганізми

Ефірна олія	Основний компонент	Ефективна концентрація	Тест-культура	Література
Часнику	Аліцін	7 мкг/мл	<i>Candida albicans</i>	[42]
		28 мкг/мл	<i>Escherichia coli</i>	[42]
Тмину	Тимол	450 мкг/мл	<i>Bacillus cereus</i>	[43]
		1600 мкг/мл	<i>Erwinia carotovora</i>	[43]
		225 мкг/мл	<i>Escherichia coli</i>	[43]
Орегано	Карвакрол, тимол, р-цимен	0,7—2,8 мг/мл	<i>Micrococcus luteus</i> ATCC 7468, <i>Proteus vulgaris</i> ATCC 13315, <i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 12228, <i>Corynebacterium xerosis</i> IAL105	[45]
Чайного дерева	Терпенен-4-ол, α- і γ-терпенен, 1,8-кінеол та терпенолен	1,08 мг/мл	<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739, <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	[46]
		2,17 мг/мл	<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	[46]
		4,34 мг/мл	<i>Aspergillus niger</i> ATCC 16404	[46]
Кориці	Ціннамальдегід	379—1322 мкг/мл	<i>Escherichia coli</i>	[43]
		3,15 мкг/мл	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	[43]
		2,1—750 мкг/мл	<i>Staphylococcus aureus</i>	[43]
		0,5 мкг/мл	<i>Acinetobacter baumannii</i> ATCC 19606	[48]
		625 мкг/мл	<i>Acinetobacter</i> spp A-06	[49]

Бактеріоцини. Багато грамположитивних бактерій, наприклад молочнокислі, а також деякі грамнегативні утворюють низькомолекулярні пептиди, яким притаманна антимікробна активність. Ці сполуки називають бактеріоцинами [14; 50—58]. Вони спричиняють інгібуючу дію щодо споріднених бактерій, що робить їх привабливими для використання у сільському господарстві та медицині. Бактеріоцини, як і бактеріофаги, є видоспецифічними, проте, на відміну від вірусів, визнані безпечними для застосування людиною, завдяки чому стали більш популярними об'єктами досліджень, порівняно з бактеріофагами. Встановлено, що механізм дії бактеріоцинів зумовлений утворенням пор у мембрані клітини або інгібуванням синтезу клітинної стінки бактерій. При цьому бактеріоцини адсорбуються на поверхні рецепторів бактерій, тому єдина можливість патогенів набути стійкості до бактеріоцинів — втратити здатність синтезувати рецептори [14; 50—58]. Класифікація бактеріоцинів враховує їхню хімічну структуру, термостабільність, молекулярну масу, відношення до дії ферментів, наявність модифікованих амінокислот і механізм дії [53; 59].

Бактеріоцини грамположитивних бактерій. Від бактеріоцинів грамнегативних бактерій бактеріоцини грамположитивних бактерій відрізняються двома фундаментальними властивостями. По-перше, такі бактеріоцини не обов'язково токсичні

для своїх штамів-продуцентів. По-друге, їх синтез регулюється бактеріями-продуцентами, тоді як бактеріоцини грамнегативних синтезуються за участю регулюючих систем господаря [59].

У табл. 2 наведено деякі бактеріоцини молочнокислих бактерій. Детальніше ентероцини, синтезовані представниками роду *Enterococcus*, охарактеризовані у [55]. Так, серед ентероцинів є представники: класу I (лантибіотики): Цитолізину Cyl_α і Cyl_β, Ентероцини W_α і W_β; класу II (бактеріоцини): підкласу IIa (педіоцин-подібні бактеріоцини, активні щодо представників роду *Listeria*): Ентероцини А, Р, SE-K4 і MC4-1, Бактеріоцини GM-1, 31, RC714 і 43, Авіцин А, Нірацин JM79, Дурацин GL, Хірацин JM79; підкласу IIb (двопептидні бактеріоцини): Ентероцини С, 1071А, В, Ха; класу II (циклічні бактеріоцини): AS-48, Бактеріоцин 21, Ентероцин 4; класу II («нелідерні» бактеріоцини): Ентероцини L50A, L50B/62A, 62B, EJ97 і RJ-11, MR10A MR10B/(343)Ent7A Ent7B; класу II (інші бактеріоцини): Ентероцини В, 96, IT, бактеріоцин 51.

Таблиця 2. Бактеріоцини молочнокислих бактерій [53]

Клас	Типовий продуцент	Властивості	Представники
I	<i>Lactobacillus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	Містять унікальні амінокислоти лантіонін і метиллантіонін, молекулярна маса <5 кДа	Нізін, лактоцин, мерсацідин
IIa	<i>Leuconostoc gelidum</i>	Термостабільні немодифіковані катіонні гідрофобні пептиди; містять лідерний пептид з подвійним гліцином; педіоцин-подібні пептиди; <10 кДа	Педіоцин PA1, сакіцин А, лейкоцин А
IIb	<i>Enterococcus faecium</i>	Містять два пептиди, що проявляють синергічну дію; в основному катіонні пептиди	Лактоцин G, Плантаріцин А, Ентероцин X
IIc	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Впливають на проникність мембрани і формування клітинної стінки	Ацидоцин В, Ентероцин Р, Рейтерін 6
III	<i>Lactobacillus helveticus</i>	Термолабільні високомолекулярні пептиди; >30 кДа	Лізостафін, Ентеролізін А, Хелветіцин J

Дані, наведені у табл. 3, засвідчують, що бактеріоцини молочнокислих бактерій спричиняють антимікробну дію не тільки на широке коло грампозитивних, а й грамнегативних бактерій. Abanoz і Kunduhoglu [57] встановили, що бактеріоцин, синтезований *E. faecalis* KT11, проявляв високу антимікробну активність також щодо стійких до ванкоміцину та/або метициліну бактерій. У [53] показано, що бактеріоцини молочнокислих бактерій виявилися активними щодо збудників інфекцій уrogenітального тракту (*Streptococcus agalactiae*, *Gardnerella vaginalis*, *Candida albicans*, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, у тому числі й стійких до метициліну, *Proteus* spp., *Enterococcus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*).

У [53; 54] зазначається, що в епоху резистентності до антибіотиків бактеріоцини молочнокислих бактерій можуть виявитися єдиними лікарськими засобами для деяких клінічних випадків. Проте необхідно враховувати ризик можливого горизонтального перенесення генів стійкості до антибіотиків через

молочнокислі бактерії, щоб забезпечити ефективність клінічного використання синтетезованих ними бактеріоцинів.

Таблиця 3. Антимікробна активність деяких бактеріоцинів молочнокислих бактерій [56]

Бактеріоцин	Продуцент	Спектр антимікробної дії
Нізін	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	Грампозитивні бактерії, які не синтезують нізіназу
Педіоцин PA-1	<i>Pediococcus acidilactici</i>	Широкий спектр грампозитивних бактерій
Ентероцин AS48	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella enterica</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus circulans</i> , <i>Corynebacterium glutamicum</i> , <i>Corynebacterium bovis</i> , <i>Mycobacterium phlei</i> , <i>Nocardia corallina</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Micrococcus lysodeikticus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Enterococcus faecium</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus inconstans</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Shigella sonnei</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Ентеролізін А	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Lactobacillus sakei</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus curvatus</i> , <i>Lactococcus cremoris</i> , <i>Lactobacillus lactis</i> , <i>Pediococcus pentosaceus</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>Enterococcus faecium</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria innocua</i> , <i>Listeria ivanovii</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus carnosus</i> , <i>Propionibacterium jensenii</i>

Одними з найвідоміших продуцентів бактеріоцинів є бактерії роду *Bacillus* [50; 51; 58; 60]. Так, бактеріоцин BLS P34 (продуцент *Bacillus* sp. P34) характеризувався високою антимікробною активністю щодо *Listeria monocytogenes* [60]. *B. licheniformis* синтезує антимікробний пептид P40, активність якого порівнювали з антимікробною дією бактеріоцину нізину [50]. Як тест-систему було обрано еукаріотичні клітини (нирки зеленої мавпи). Показано, що антимікробна дія P40 була у 5 разів вищою (при концентрації 0,62 мг/мл) за дію нізину. Бактеріоцин, синтезований *B. subtilis* GAS101, спричиняв антимікробну дію на *Staphylococcus epidermidis* та *E. coli*, а також за концентрації 2,88 мг/мл більш як 85% руйнував біоплівку *S. epidermidis* [58].

Бактеріоцини грамнегативних бактерій. Серед грамнегативних бактерій «лідером» із синтезу бактеріоцинів вважають штами *Pseudomonas aeruginosa*, серед яких понад 90% виділених ізолятів були здатні продукувати ці речовини. До 26% природних ізолятів *E. coli*, *Salmonella enterica*, *Hafnia alvei*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, і *Enterobacter cloacae* продукують бактеріоцини. Бактеріоцини грамнегативних бактерій поділяють в основному на коліцини і мікроцини [59; 61].

На прикладі коліцинів було досліджено механізм літичної дії цих пептидів, який включає такі етапи: прикріплення (адсорбція) коліцинів на зовнішній мембрані патогену, переміщення всередину клітини до внутрішньої мембрани та

формування каналу у мембрані. Клітини гинуть за рахунок вивільнення через утворенні канали іонів калію та розпаду АТФ [59].

Найбільш детально вивчено коліцини бактерії *E. coli*. Окрім того, коліцини синтезуються представниками родів *Pseudomonas* і *Shigella* [59; 61].

Мікроцини розглядаються окремо від коліцинів, оскільки мають меншу молекулярну масу (5—10 кДа), а також є достатньо токсичними пептидами, утворюваними *E. coli* [59]. Крім того, вони характеризуються широким спектром дії. Мікроцини не утворюються у відповідь на стресові фактори, як коліцини; а їхня дія значною мірою залежить від так званого механізму «близько-залежне інгібування»: для знищення патогену ці пептиди повинні перебувати достатньо близько від нього для адсорбції і подальшого впливу.

Антимікробні пептиди молока. Ці пептиди, які мають молекулярну масу нижче 10 кДа, можна одержати в результаті ферментативного протеолізу білків молока, органічним синтезом *in vitro*, а також *in vivo* з використанням технологій рекомбінантних ДНК [62]. Антимікробні пептиди поділяються на чотири групи залежно від джерела виділення: молоко (ізрацидін, лактоферин), сироватка (β-лактоглобулін), казеїн (κ-казецидін). У табл. 4 наведено мінімальні інгібуючі концентрації пептидів молока, а у табл. 5 — генно-інженерні антимікробні пептиди.

Таблиця 4. Антимікробна активність деяких пептидів, виділених з молока [62]

Антимікробний пептид	Тест-культури	МІК
αs2-Казеїн f (151—181)	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC6051	15,6 мкг/мл
	<i>Escherichia coli</i> NEB5α, <i>Escherichia coli</i> ATCC25922	62,5 мкг/мл
αs2-Казеїн f (182—207)	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC6051	8,6 мкг/мл
	<i>Escherichia coli</i> NEB5α	68,8 мкг/мл
Лактоферин	<i>Escherichia coli</i>	125 мг/мл
	<i>Salmonella typhimurium</i>	250 мг/мл
	<i>Salmonella enteritidis</i>	125 мг/мл
	<i>Citrobacter freundii</i>	500 мг/мл
	<i>Candida albicans</i>	2,5 мг/мл

Таблиця 5. Генно-інженерні антимікробні пептиди [62]

Генно-інженерний пептид	Вихідний пептид	Продукт	Інгібування росту тест-культур
Лактоферіцин В-W10 (LfcinB-W10)	Лактоферіцин Lf-(f17—41)	<i>Escherichia coli</i> BL21 (DE3)	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC25923
Lfcin B15-W4,10	Лактоферіцин Lf-(f17—31)	<i>Escherichia coli</i> BL21 (DE3)	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC25923
LFT33	Бичачий лактоферіцин і танатин (індуцибельний антибактеріальний пептид комах)	<i>Escherichia coli</i> BL21	Суттєве підвищення антимікробної активності порівняно з вихідним пептидом
Лактофоріцин	Залишки 113—135 протеолізованого пептону (компонент 3)	<i>Escherichia coli</i> C41 (DE3)	Даних немає

Лектини. Лектини (від лат. «legere», що означає «вибір») — клас вуглевод-зв'язуючих білків, споріднених за структурою [63].

Лектини відіграють ключову роль у багатьох біологічних процесах, таких як інфекції, міжклітинні комунікації та ріст клітин. Нині відомо, що лектини можуть впізнавати та зв'язувати вуглеводи на поверхні клітин і взаємодіяти з полісахаридами клітинної стінки та/або проникати в мембрану клітин. Лектинам притаманна протипухлинна, противірусна, імуностимулювальна, антибактеріальна та антифунгальна дія [63—70].

Лектини синтезуються тваринами і рослинами [65—67] та грибами [68; 70]. У табл. 6 і 7 наведено дані про антимікробну дію лектинів рослин і тварин, які засвідчують, що ці білки проявляють антибактеріальну, антифунгальну та антивірусну активність.

Таблиця 6. Антимікробна активність деяких лектинів рослин [65]

Родина лектинів	Рослина, з якої виділений лектин	Спектр дії
1	2	3
Лектин рецептор кінази (LecRK)	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Гриби: <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Erysiphe cichoracearum</i> , <i>Erysiphe orontii</i> , <i>Blumeria graminis</i> , <i>Gigaspora rosea</i> Ооміцети: <i>Phytophthora infestans</i> Бактерії: <i>Pseudomonas syringae</i> Віруси: мозаїки ріпи та скручування листя капусти
	<i>Nicotiana benthamiana</i>	Ооміцети: <i>Phytophthora infestans</i>
	<i>Oryza sativa</i>	Гриби: <i>Magnaporthe grisea</i>
Амарантин	<i>Amaranthus viridis</i>	Гриби: <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Fusarium oxysporum</i>
Калнексин/ Калретикулін	<i>Nicotiana benthamiana</i>	Ооміцети: <i>Phytophthora infestans</i>
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Бактерії: <i>Pseudomonas syringae</i>
Бересклет (Euonymus) — подібні лектини	<i>Oryza sativa</i>	Бактерії: <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryza</i> Гриби: <i>Magnaporthe grisea</i> , <i>Magnaporthe oryzae</i> , <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>Tritici</i> , <i>Botrytis cinerea</i>
	<i>Triticum aestivum</i>	Ооміцети: <i>Phytophthora parasitica</i> var <i>nicotianae</i>
Джакалін — подібні лектини	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Гриби: <i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>Tritici</i> , <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Botrytis cinerea</i> Бактерії: <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i> Віруси: тютюнової мозаїки
	<i>Oryza sativa</i>	Гриби: <i>Magnaporthe grisea</i>

Таблиця 7. Антибактеріальна активність лектинів тварин [65]

Родина лектинів	Тварина, з якої виділений лектин	Спектр дії
Калнексин/ Калретикулін	<i>Marsupenaeus japonicus</i>	<i>Vibrio anguillarum</i>
	<i>Branchiostoma japonicum</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>
	<i>Ictalurus punctatus</i>	<i>Edwardsiella ictaluri</i>
L-тип	<i>Eriocheir sinensis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i>

Palharini із співавт. [66] встановили, що еутірукалін — лектин, виділений з *Euphorbia tirucalli* (багаторічна деревовидна рослина), проявляв цитотоксичність щодо пухлинних клітин, антимікробну та антипаразитарну активність. Цей рослинний лектин характеризувався антипроліферативною активністю для пухлинних клітин HeLa, PC3, MDA-MB-231 и MCF-7, проте не був цитотоксичним для непухлинних, таких як макрофаги і фібробласти. Еутірукалін інгібував асцитну карциному Ерліха *in vivo*, а також на 62,5% пригнічував ріст кишкової палички.

У [67; 69] показано можливість використання імуномодулюючих лектинів для стимуляції імунної відповіді проти мікробної інфекції. Лектини застосовували *in vivo* для профілактики і лікування, в результаті чого підвищувалося виживання мишей при мікробному зараженні [67], а також для пригнічення супутніх мікробних інфекцій у ВІЛ-інфікованих [69].

Зазначимо, що відомості про антимікробні властивості грибних лектинів досить обмежені. В огляді [68] підсумовано дані про протипухлинну, антипроліферативну та імуномодулюючу активність лектинів грибів, проте немає даних про їх антимікробну активність. Проте у [70] встановлено, що лектини (муцини) *Aspergillus gorakhpurensis* характеризувалися сильнішим впливом на грампозитивні бактерії, ніж на грамнегативні. Так, зони затримки росту (мм) становили: *B. cereus* — 20, *S. aureus* — 18, *E. coli* — 10 та *S. cerevisiae* — 9. При цьому майже не спостерігали антимікробної дії муцинів щодо дріжджів (окрім *S. Cerevisiae*). Це можна пояснити тим, що основним компонентом клітинної стінки грибів і дріжджів є хітин, який є полімером- β -(1,4)-N-ацетил-D-глюкозаміну, до якого лектини *A. gorakhpurensis* не є специфічними.

Нині достовірно відомо, що лектини, зокрема у раковій терапії, виявляються менш токсичними, ніж певні антибіотики. Перешкодою ж до промислового виробництва лектинів є висока вартість їх біосинтезу і низька концентрація. Тому вчені створюють рекомбінантні штами з підвищеним синтезом лектинів. Так, якщо до кінця ХХ ст. середня кількість синтезованих лектинів становила 0,1—5 мг/л, то нині — до 20 мг/л [70].

Мікробні поверхнево-активні речовини. Порівняно з відомими антимікробними сполуками мікробні ПАР мають ряд переваг [71]: біодеградабельність і нетоксичність, завдяки чому запобігають забрудненню навколишнього середовища і прояву алергічних реакцій, а також можливість використання в широкому діапазоні рН, температури та інших зовнішніх факторів, що зумовлено стабільністю фізико-хімічних властивостей; при цьому механізм дії, що полягає в порушенні цілісності цитоплазматичної мембрани, знижує можливість виникнення резистентних форм мікроорганізмів.

У 2019 р. ми опублікували огляд [72], в якому узагальнили літературні дані останніх років про антибактеріальну та антифунгальну активність мікробних поверхнево-активних речовин (ліпопептидів, синтезованих представниками родів *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Brevibacillus*, рамноліпідів бактерій родів *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Lysinibacillus*, софороліпідів дріжджів родів *Candida* (*Starmerella*) та *Rhodotorula*), а також дані власних експериментальних досліджень антимікробної активності ПАР, синтезованих *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241, *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017 і *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405. Проведений аналіз показав, що ліпопептиди є ефективнішими антимікробними агентами порівняно з гліколіпідами. Мінімальні інгібуючі концентрації ліпопептидів, рамноліпідів і софороліпідів становлять у середньому (мкг/мл): 1—32, 50—500 і 10—200 відповідно.

Антимікробна активність поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 і *Nocardia vacciniі* IMB B-7405. Раніше [73] встановлено, що за хімічною природою ПАР *R. erythropolis* IMB Ac-5017 є комплексом гліко- (трегалозомоно- і диміколати), нейтральних (цетиловий спирт, пальмітинова кислота, метиловий ефір *n*-пентадеканової кислоти, міколових кислот) і фосфоліпідів (фосфатидилгліцерин, фосфатидилетаноламін). У складі ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 виявлено гліко- і аміноліпіди, *N. vacciniі* IMB B-7405 синтезує комплекс нейтральних, гліко- і аміноліпідів [73].

У табл. 8 наведено мінімальні інгібуючі концентрації щодо бактерій і дріжджів поверхнево-активних речовин, синтезованих штамами IMB Ac-5017, IMB B-7241 і IMB B-7405 на різних вуглецевих субстратах. Ці дані засвідчують, що антимікробна активність ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241, *N. vacciniі* IMB B-7405 і *R. erythropolis* Ac-5017 залежить від умов культивування продуцента. Зазначимо, що за показниками МІК досліджувані поверхнево-активні речовини не поступаються описаним у літературі.

Таблиця 8. Дія поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241, *N. vacciniі* IMB B-7405 і *R. erythropolis* Ac-5017 на деякі бактерії і дріжджі

Штам	Джерело вуглецю у середовищі культивування	Мінімальна інгібуюча концентрація (мкг/мл) щодо					
		<i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	<i>Enterobacter cloacae</i> С-8	<i>Staphylococcus aureus</i> БМС-1	<i>Proteus vulgaris</i> ПА-12	<i>Escherichia coli</i> ІЕМ-1	<i>Candida albicans</i> Д-6
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>A. calcoaceticus</i> IMB B-7241	Етанол	14	56	14	14	28	Н. в.
	Гліцерин	4	2	4	Н. в.	2	2
	Відходи виробництва біодизелю	16	4	8	Н. в.	4	16
	Рафінована соняшникова олія	50	25	14	1,8	0,9	25
	Відпрацьована соняшникова олія	20	20	2,5	2,5	1,3	40
<i>N. vacciniі</i> IMB B-7405	Гліцерин	45	180	90	90	45	45
	Відходи виробництва біодизелю	15	120	15	60	30	30
	Рафінована соняшникова олія	20	160	80	80	10	40
	Відпрацьована соняшникова олія	18	140	70	70	9	35
<i>R. erythropolis</i> IMB Ac-5017	Етанол	60	240	Н. в.	Н. в.	15	>480
	Гліцерин	15,6	Н. в.	62,5	62,5	250	Н. в.
	Відходи виробництва біодизелю	62,5	Н. в.	125	31	125	Н. в.

Примітка: Н. в. — не визначали.

Висновки

Нині відомо кілька тисяч антибіотиків, і щорічно кількість нових препаратів збільшується на 4%. Проте кількість резистентних до них мікроорганізмів зростає швидше, ніж з'являються нові унікальні антибіотики. Проблема антибіотико-резистентності стимулювала пошук антимікробних сполук природного походження. Бактеріофаги, лектини, ефірні олії, бактеріоцини, мікробні поверхнево-активні речовини розглядаються дослідниками як альтернативні антибіотикам біоциди, перспективні для використання у медицині, ветеринарії, харчовій промисловості.

Література

1. Wang H. H., Schaffner D. W. Antibiotic resistance: how much do we know and where do we go from here? *Appl. Environ. Microbiol.* 2011, 77(20):7093—7095.
2. Martinez J. L., Fajardo A., Garmendia L., Hernandez A., Linares J. F., Martínez-Solano L. et al. A global view of antibiotic resistance. *FEMS Microbiol. Rev.* 2009, 33(1):44—65.
3. Roberts M. C., Schwarz S., Aarts H. J. Erratum: Acquired antibiotic resistance genes: an overview. *Front. Microbiol.* 2012, 3:384. doi: 10.3389/fmicb.2012.00384.
4. Wei J., Wenjie Y., Ping L., Na W., Haixia R., Xuequn Z. Antibiotic resistance of *Klebsiella pneumoniae* through β -arrestin recruitment-induced β -lactamase signaling pathway. *Exp. Ther. Med.* 2018, 15(3):2247—2254. doi: 10.3892/etm.2018.5728.
5. Founou R. C., Founou L. L., Essack S. Y. Clinical and economic impact of antibiotic resistance in developing countries: systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2017, 12(12):e0189621. doi: 10.1371/journal.pone.0189621.
6. Fair R. J., Tor Y. Antibiotics and bacterial resistance in the 21st century *Perspect Medicin Chem.* 2014, 6:25—64. doi: 10.4137/PMC.S14459.
7. Carmona-Ribeiro A. M., Carrasco L. D. Novel Formulations for Antimicrobial Peptides. *Int. J. Mol. Sci.* 2014, 15(10):18040—18083. doi: 10.3390/ijms151018040.
8. Ballantine R. D., McCallion C. E., Nassour E., Tokajian S., Cochrane S. A. Tridecaptin-inspired antimicrobial peptides with activity against multidrug-resistant Gram-negative bacteria. *Medchemcomm.* 2019, 10(3):484—487. doi: 10.1039/c9md00031c.
9. Sakkas H., Papadopoulou C. Antimicrobial Activity of Basil, Oregano, and Thyme Essential Oils. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2017, 27(3):429—438. doi: 10.4014/jmb.1608.08024.
10. Gordillo Altamirano F. L., Barr J. J. Phage Therapy in the Postantibiotic Era. *Clin Microbiol Rev.* 2019, 32(2). pii:e00066-18. doi: 10.1128/CMR.00066-18.
11. Nasser A., Azizian R., Tabasi M., Khezerloo J. K., Heravi F. S., Kalani M. T. et al. Specification of Bacteriophage Isolated Against Clinical Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Osong Public Health Res Perspect.* 2019, 10(1):20—24. doi:10.24171/j.phrp.2019.10.1.05.
12. Coelho L. C., Silva P. M., Lima V. L., Pontual E. V., Paiva P. M., Napoleão T. H. et al. Lectins, Interconnecting Proteins with Biotechnological/Pharmacological and Therapeutic Applications. *Evid. Based Complement Alternat. Med.* 2017, 2017:1594074. doi: 10.1155/2017/1594074.
13. Pirog T. P., Lutsay D. A., Kliuchka L. V., Beregova K. A. Antimicrobial activity of surfactants of microbial origin. *Biotechnologia Acta.* 2019, 12(1):39—58. <https://doi.org/10.15407/biotech>.
14. Hols P., Ledesma-García L., Gabant P., Mignolet J. Mobilization of Microbiota Commensals and Their Bacteriocins for Therapeutics. *Trends Microbiol.* 2019. pii: S0966-842X(19)30071-X. doi:10.1016/j.tim.2019.03.007.
15. Cattoir V., Felden B. Future antibacterial strategies: from basic concepts to clinical challenges. *J. Infect. Dis.* 2019. pii: jiz134. doi: 10.1093/infdis/jiz134.
16. Betts J. W., Homsey M., La Ragione R. M. Novel Antibacterials: Alternatives to Traditional Antibiotics. *Adv. Microb. Physiol.* 2018, 73:123—169. doi: 10.1016/bs.ampbs.2018.06.001.
17. Yap M. N. The double life of antibiotics. *Mo Med.* 2013, 110(4):320—324.
18. Thakur S., Gray G. C. The Mandate for a Global One Health “Approach to Antimicrobial Resistance Surveillance”. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2019, 100(2):227—228. doi: 10.4269/ajtmh.18-0973.
19. Hendriksen R. S., Munk P., Njage P., van Bunnik B., McNally L., Lukjancenko O. et al. Global monitoring of antimicrobial resistance based on metagenomics analyses of urban sewage. *Nat. Commun.* 2019, 10(1):1124. doi: 10.1038/s41467-019-08853-3.

20. Aslam B., Wang W., Arshad M. I., Khurshid M., Muzammil S., Rasool M. H. Antibiotic resistance: a rundown of a global crisis. *Infect. Drug Resist.* 2018, 11:1645—1658. doi: 10.2147/IDR.S173867.
21. Prestinaci F., Pezzotti P., Pantosti A. Antimicrobial resistance: a global multifaceted phenomenon. *Pathog. Glob. Health.* 2015, 109(7):309—318. doi: 10.1179/2047773215Y.0000000030.
22. Koložvári L. R., Kónya J., Paget J., Schellevis F. G., Sándor J., Szöllösi G. J. et al. Patient-related factors, antibiotic prescribing and antimicrobial resistance of the commensal *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pneumoniae* in a healthy population — Hungarian results of the APRES study. *BMC Infect. Dis.* 2019, 19(1):253. doi: 10.1186/s12879-019-3889-3.
23. Su J. Q., Cui L., Chen Q. L., An X. L., Zhu Y. G. Application of genomic technologies to measure and monitor antibiotic resistance in animals. *Ann. NY. Acad. Sci.* 2017, 1388(1):121—135. doi: 10.1111/nyas.13296.
24. Demain A. L. Importance of microbial natural products and the need to revitalize their discovery. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2014, 41(2):185—201. doi:10.1007/s10295-013-1325-z.
25. Ziemert N., Alanjary M., Weber T. The evolution of genome mining in microbes — a review. *Nat. Prod. Rep.* 2016, 33(8):988—1005. doi: 10.1039/c6np00025h.
26. Кондрашевська К. Р., Ключка І. В., Пирог Т. П., Пенчук Ю. М. Розмаїття мікробних вторинних метаболітів. *Наукові праці НУХТ.* 2018, 24(5):44—60. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/28429>.
27. Golkar Z., Bagasra O., Pace D. G. Bacteriophage therapy: a potential solution for the antibiotic resistance crisis. *J. Infect. Dev. Ctries.* 2014, 8(2):129—136. doi: 10.3855/jidc.3573.
28. Viertel T. M., Ritter K., Horz H. P. Viruses versus bacteria—novel approaches to phage therapy as a tool against multidrug-resistant pathogens. *Antimicrob. Chemother.* 2014, 69(9):2326—2336. doi: 10.1093/jac/dku173.
29. Criscuolo E., Spadini S., Lamanna J., Ferro M., Burioni R. Bacteriophages and Their Immunological Applications against Infectious Threats. *J. Immunol. Res.* 2017, 2017:3780697. doi: 10.1155/2017/3780697.
30. Maura D., Debarbieux L. Bacteriophages as twenty-first century antibacterial tools for food and medicine. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2011, 90(3):851—859. doi: 10.1007/s00253-011-3227-1.
31. Torres-Barceló C. The disparate effects of bacteriophages on antibiotic-resistant bacteria. *Emerg. Microbes Infect.* 2018, 7(1):168. doi: 10.1038/s41426-018-0169-z.
32. Svircev A., Roach D., Castle A. Framing the Future with Bacteriophages in Agriculture. *Viruses.* 2018, 10(5). pii: E218. doi: 10.3390/v10050218.
33. Torres-Barceló C., Hochberg M. E. Evolutionary Rationale for Phages as Complements of Antibiotics. *Trends Microbiol.* 2016, 24(4):249—256. doi: 10.1016/j.tim.2015.12.011.
34. Lu T. K., Koeris M. S. The next generation of bacteriophage therapy. *Curr. Opin. Microbiol.* 2011, 14(5):524—531. doi: 10.1016/j.mib.2011.07.028.
35. Loc-Carrillo C., Abedon S. T. Pros and cons of phage therapy. *Bacteriophage.* 2011, 1(2):111—114. doi: 10.4161/bact.1.2.14590.
36. Seo B. J., Song E. T., Lee K., Kim J. W., Jeong C. G., Moon S. H. et al. Evaluation of the broad-spectrum lytic capability of bacteriophage cocktails against various *Salmonella* serovars and their effects on weaned pigs infected with *Salmonella typhimurium*. *J. Vet. Med. Sci.* 2018, 80(6):851—860. doi: 10.1292/ivms.17-0501.
37. Nabavi S. F., Di Lorenzo A., Izadi M., Sobarzo-Sánchez E., Daglia M., Nabavi S. M. Antibacterial Effects of Cinnamon: From Farm to Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries. *Nutrients.* 2015, 7(9):7729—7748. doi: 10.3390/nu7095359.
38. Dreger M., Wielgus K. Application of essential oils as natural cosmetic preservatives. *Herba Polonica.* 2013, 59(4). doi: <https://doi.org/10.2478/hepo-2013-0030>.
39. Krol S. K., Skalicka-Wozniak K., Kandefer-Szerszeń M., Stepulak A. The biological and pharmacological activity of essential oils in the treatment and prevention of infectious diseases. *Postepy Hig. Med. Dosw.* (Online). 2013, 67:1000—1007. doi:10.5604/17322693.1067687.
40. Semeniuc C. A., Pop C. R., Rotar A. M. Antibacterial activity and interactions of plant essential oil combinations against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *J. Food. Drug Anal.* 2017, 25(2):403—408. doi: 10.1016/j.jfda.2016.06.00.
41. Sakkas H., Papadopoulou C. Antimicrobial Activity of Basil, Oregano, and Thyme Essential Oils. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2017, 27(3):429—438. doi: 10.4014/jmb.1608.08024.

42. Chouhan S., Sharma K., Guleria S. Antimicrobial Activity of Some Essential Oils-Present Status and Future Perspectives. *Medicines (Basel)*. 2017, 4(3): pii: E58. doi: 10.3390/medicines4030058.
43. Hyldgaard M., Mygind T., Meyer R. L. Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Front. Microbiol.* 2012, 3:12. doi: 10.3389/fmicb.2012.00012.
44. Jaradat N., Adwan L., K'aibni S., Shraim N., Zaid A. N. Chemical composition, anthelmintic, antibacterial and antioxidant effects of *Thymus bovei* essential oil. *BMC Complement. Altern. Med.* 2016, 16(1):418. doi: 10.1186/s12906-016-1408-2.
45. Suzuki É.Y., Soldati P.P., Chaves M.G.A.M., Raposo N.R.B. Essential oil from *Origanum vulgare* Linnaeus: an alternative against microorganisms responsible for bad perspiration odour. *J. Young Pharm.* 2015, 7(1):12—20.
46. Li W. R., Li H. L., Shi Q. S., Sun T. L., Xie X. B., Song B. et al. The dynamics and mechanism of the antimicrobial activity of tea tree oil against bacteria and fungi. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2016, 100(20):8865—8875. doi: 10.1007/s00253-016-7692-4.
47. Al-Abd N. M., Mohamed Nor Z., Mansor M., Azhar F., Hasan M. S., Kassim M. Antioxidant, antibacterial activity, and phytochemical characterization of *Melaleuca cajuputi* extract. *BMC Complement. Altern. Med.* 2015, 15:385. doi: 10.1186/s12906-015-0914-y.
48. Sienkiewicz M., Głowacka A., Kowalczyk E., Wiktorowska-Owczarek A., Józwiak-Bębenista M., Łysakowska M. The biological activities of cinnamon, geranium and lavender essential oils. *Molecules*. 2014, 19(12):20929—20940. doi: 10.3390/molecules191220929.
49. Guerra F. Q., Mendes J. M., Sousa J. P., Morais-Braga M. F., Santos B. H., Melo Coutinho H. D. et al. Increasing antibiotic activity against a multidrugresistant *Acinetobacter* spp. by essential oils of *Citrus limon* and *Cinnamomum zeylanicum*. *Nat. Prod. Res.* 2012, 26(23):2235—2238. doi: 10.1080/14786419.2011.647019.
50. Vaucher R. A., Mario L. T., Brandelli A. Investigation of the Cytotoxicity of Antimicrobial Peptide P40 on Eukaryotic Cells. *Curr. Microbiol.* 2010, 60(1):1—5. doi: 10.1007/s00284-009-9490-z.
51. Baindara P. I., Mandal S. M., Chawla N., Singh P. K., Pinnaka A. K., Korpole S. Characterization of two antimicrobial peptides produced by a halotolerant *Bacillus subtilis* strain SK.DU.4 isolated from a rhizosphere soil sample. *AMB Express*. 2013, 3(1):2. doi: 10.1186/2191-0855-3-2.
52. Oldak A., Zielińska D. Bacteriocins from lactic acid bacteria as an alternative to antibiotics. *Postepy Hig. Med. Dosw.* (Online). 2017, 71(0):328—338.
53. Mokoena M. P. Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins: Classification, Biosynthesis and Applications against Uropathogens: A Mini-Review. *Molecules*. 2017, 22(8). pii: E1255. doi: 10.3390/molecules22081255.
54. Lopetuso L. R., Giorgio M. E., Saviano A., Scaldaferrri F., Gasbarrini A., Cammarota G. Bacteriocins and Bacteriophages: Therapeutic Weapons for Gastrointestinal Diseases? *Int. J. Mol. Sci.* 2019, 20(1). pii: E183. doi: 10.3390/ijms20010183.
55. Ness I. F., Diep D. B., Ike Y. Enterococcal Bacteriocins and Antimicrobial Proteins that Contribute to Niche Control. In: Gilmore M.S., Clewell D.B., Ike Y., Shankar N., editors. *Enterococci: From Commensals to Leading Causes of Drug Resistant Infection* [Internet]. Boston: Massachusetts Eye and Ear Infirmary; 2014. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK190428/>.
56. Vieco-Saiz N., Belguesmia Y., Raspoet R., Auclair E., Gancel F., Kempf I. et al. Benefits and Inputs From Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters During Food-Animal Production. *Front. Microbiol.* 2019, 10:57. doi: 10.3389/fmicb.2019.00057.
57. Abanoz H. S., Kunduhoglu B. Antimicrobial Activity of a Bacteriocin Produced by *Enterococcus faecalis* KT11 against Some Pathogens and Antibiotic-Resistant Bacteria. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 2018, 38(5):1064—1079. doi:10.5851/kosfa.2018.e40.
58. Sharma G., Dang S., Gupta S., Gabrani R. Antibacterial Activity, Cytotoxicity, and the Mechanism of Action of Bacteriocin from *Bacillus subtilis* GAS101. *Med. Princ. Pract.* 2018, 27(2):186—192. doi: 10.1159/000487306.
59. Похиленко В. Д., Перельгин В. В. Бактериоцины: их биологическая роль и тенденции применения. Электронный научный журнал «Исследовано в России». 2011. URL: <http://zhurnal.apelarn.ru/articles/2011/016.pdf>. С. 164—198.
60. Motta A. S., Flores F. S., Souto A. A., Brandelli A. Antibacterial activity of a bacteriocin-like substance produced by *Bacillus* sp. P34 that targets the bacterial cell envelope. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 2008, 93(3):275—284.

61. Zhongqing D., Xiaojun Q., Hongyu C., Yanhua C., Chao Z., Yunfeng W. et al. Class IIa Bacteriocins: Diversity and New Developments. *Int. J. Mol. Sci.* 2012, 13(12):16668—16707. doi: 10.3390/ijms131216668.
62. Khan M. U., Pirzadeh M., Förster C. Y., Shityakov S., Shariati M. A. Role of Milk-Derived Antibacterial Peptides in Modern Food Biotechnology: Their Synthesis, Applications and Future Perspectives. *Biomolecules.* 2018, 8(4). pii: E110. doi:10.3390/biom8040110.
63. Lam S. K., Ng T. B. Lectins: production and practical applications. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2011, 89(1):45—55.
64. Breitenbach Barroso Coelho L. C., Marcelino Dos Santos Silva P., Felix de Oliveira W., de Moura M. C., Viana Pontual E., Soares Gomes F. et al. Lectins as antimicrobial agents. *Appl. Microbiol.* 2018, 125(5):1238—1252. doi: 10.1111/jam.14055.
65. Dias Rde O., Machado Ldos S., Migliolo L., Franco O. L. Insights into animal and plant lectins with antimicrobial activities. *Molecules.* 2015, 20(1):519—541. doi: 10.3390/molecules20010519.
66. Palharini J. G., Richter A. C., Silva M. F., Ferreira F. B., Pirovani C. P., Naves K. S. C. et al. Eutrucallin: A Lectin with Antitumor and Antimicrobial Properties. *Front. Cell Infect. Microbiol.* 2017, 7:136. doi: 10.3389/fcimb.2017.00136.
67. Jandú J. J. B., Moraes Neto R. N., Zagmignan A., de Sousa E. M., Brelaz-de-Castro M. C. A., Dos Santos Correia M. T. et al. Targeting the Immune System with Plant Lectins to Combat Microbial Infections. *Front. Pharmacol.* 2017; 8:671. doi: 10.3389/fphar.2017.00671.
68. Hassan M. A., Rouf R., Tiralongo E., May T. W., Tiralongo J. Mushroom lectins: specificity, structure and bioactivity relevant to human disease. *Int. J. Mol. Sci.* 2015, 16(4):7802—7838. doi: 10.3390/ijms16047802.
69. Mazalovska M., Kouokam J. C. Lectins as Promising Therapeutics for the Prevention and Treatment of HIV and Other Potential Coinfections. *Biomed. Res Int.* 2018, 2018:3750646. doi: 10.1155/2018/3750646.
70. Singh R. S., Kaur H. P., Singh J. Purification and characterization of a mucin specific mycelial lectin from *Aspergillus gorakhpurensis*: application for mitogenic and antimicrobial activity. *PLoS One.* 2014, 9(10):e109265. doi: 10.1371/journal.pone.0109265.
71. Santos D. K., Rufino R. D., Luna J. M., Santos V. A., Sarubbo L. A. Biosurfactants: multifunctional biomolecules of the 21st century. *Int. J. Mol. Sci.* 2016, 17(3):401. doi: 10.3390/ijms17030401.
72. Pirog T. P., Lutsay D. A., Kliuchka L. V., Beregova K. A. Antimicrobial activity of surfactants of microbial origin. *Biotechnologia Acta.* 2019, 12(1):39—58. <https://doi.org/10.15407/biotech>.
73. Pirog T. P., Konon A. D., Sofilkanich A. P., Iutinskaia G. A. Effect of surface-active substances of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, and *Nocardia vaccinii* K-8 on phytopathogenic bacteria. *Appl. Biochem. Microbiol.* 2013, 49(4), 360—367. <https://doi.org/10.1134/S000368381304011X>.

GROSS DOMESTIC PRODUCT DYNAMICS AS A FUSE
OF POVERTY OVERCOME

N. Zhuzhukina, A. Koriepova

National University of Food Technologies

Key words:

GDP

GDP per capita

Poverty overcome

GDP dynamics

Structure of GDP

Indicators of level and

quality of life

Article history:

Received 03.12.2019

Received in revised form

20.12.2019

Accepted 10.01.2020

Corresponding author:

N. Zhuzhukina

E-mail:

zhuzhukina@ukr.net

ABSTRACT

The paper shows dynamic and structural processes of formation of Gross Domestic Product of Ukraine. Key indicators that also influence on level of Gross Domestic Product are considered. In particular, the influence of the shadow sector and the unemployment rate on the process of gross domestic product formation is analyzed. It is shown that the presence of the shadow sector in the country should not be considered as a purely negative phenomenon.

Correlations between Gross Domestic Product dynamics, indicators of minimum wage and average salary, minimum subsistence, purchasing power in modern conditions of management are determined and shown in drawings and diagrams. It is noted that the simultaneous growth of Gross Domestic Product and average wage rates is not always economically justified and may be related to the peculiarities of statistical calculations and the influence of other factors that do not have a direct effect on the level of Gross Domestic Product. Information about level of Gross Domestic Product during the last eight years is presented and comparison of structural composition of Gross Domestic Product in 2010 and 2017 is given. It is proven, that in addition to economic indicators, mentality, level of social consciousness and responsibility play an important role in the development of poverty strategies. The practice of foreign countries in the context of influence of economic mentality of society on the process of economic formation is considered.

Special attention is paid to the problems of GDP distribution and poverty reduction. The relationship between the number of investments in the country and their influences on forming a linear link between economic growth and Gross Domestic Product is established. The comparative characteristics of GDP of Ukraine and other countries of the world are given. Besides, suggestions for solving the problem of poverty reduction are given. It is noted that in order to ensure the long-term growth of the gross domestic product, particular attention should be paid not only to the economic but also to the moral and ethical state of society.

ДИНАМІКА ВВП ЯК ЗАПОБІЖНИК ПОДОЛАННЯ БІДНОСТІ

Н. І. Жужукіна, А. О. Корспова

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено динамічні та структурні процеси формування валового внутрішнього продукту України (ВВП), розглянуто основні показники, які впливають на його рівень. Зокрема, проаналізовано вплив тіньового сектору та рівня безробіття на процес формування валового внутрішнього продукту. Показано, що наявність тіньового сектору в країні не повинна розглядатися як суто негативне явище.

Визначено взаємозв'язки між динамікою валового внутрішнього продукту і показниками мінімальної та середньої заробітних плати, мінімальним прожитковим рівнем, купівельною спроможністю населення в контексті сучасних умов господарювання, детальні описи яких подано за допомогою рисунків і діаграм. Зазначено, що одночасне зростання темпів валового внутрішнього продукту й середньої заробітної не завжди є економічно обґрунтованим та може бути пов'язане з особливостями статистичних розрахунків і впливом інших факторів, які не мають прямої впливу на його рівень. Наведено дані щодо рівня валового внутрішнього продукту за останні вісім років і подано порівняльний опис структурного складу валового внутрішнього продукту за 2010 та 2017 роки. Доведено, що, окрім економічних показників, при розробці стратегій подолання бідності велику роль відіграє ментальність і рівень соціальної свідомості та відповідальності суспільства. Розглянуто практику зарубіжних країн у контексті впливу економічної ментальності суспільства на процес формування економіки.

Особливу увагу приділено проблемам розподілу ВВП і напрямам подолання бідності. Встановлено залежність між кількістю інвестицій у країні та їх впливом на формування лінійного зв'язку між зростанням економіки і валового внутрішнього продукту. Надано порівняльну характеристику розмірів ВВП України та інших країн світу та розроблено пропозиції щодо вирішення проблеми подолання бідності в країні. Зазначено, що для забезпечення довгострокового зростання темпів валового внутрішнього продукту особливу увагу варто звертати не тільки на економічний, але й на морально-етичний стан суспільства.

Ключові слова: *обсяг ВВП, ВВП на душу населення, подолання бідності, динаміка ВВП, структура ВВП, показники рівня та якості життя.*

Постановка проблеми. В контексті світових змін і сучасних умов господарювання останні міжнародні форуми в галузі економіки розглядають проблему бідності як одне з найважливіших питань. На жаль, проблема бідності не обходить і Україну. Одним із базових чинників для подолання цієї проблеми вважається динаміка ВВП на душу населення як основи зростання економіки та добробуту населення.

За розміром ВВП на душу населення у 2018 р. Україна посіла останнє місце у рейтингу серед країн-сусідів. Так, в Україні розмір ВВП становив 2964 дол. США, тоді як у Молдові — 3227, Білорусії — 6020, Росії — 10950, Румунії — 12189, Польщі — 14469, Угорщині — 16016, Словаччині — 19642 дол. США. До того ж рівень ВВП на душу населення в Україні у 27 разів менший від розміру цього показника трійки найбагатших країн світу (Люксембург — 113954, Швейцарія — 83583, Норвегія — 82372 дол. США) [1]. Все це свідчить про актуальність цієї проблеми і потребує визначення напрямків її розв'язання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зростання ВВП у класичній економічній теорії розглядається як база подолання бідності і, як наслідок, підвищення добробуту населення. Зокрема, ця залежність за умов повної зайнятості досить чітко демонструється в законі Оукена, за яким збільшення рівня безробіття на 1% зменшує ВВП на 2,5% і навпаки. Звісно, це факти, з якими не можна сперечатися, але разом з тим не завжди повністю прослідковується лінійний зв'язок між темпами зростання ВВП на душу населення і динамікою зростання основних показників, які характеризують добробут населення, — розміром середньої та мінімальної заробітних плат, купівельної спроможності населення.

Коли населення не відчуває зв'язку між своїм рівнем забезпеченості і зростанням ВВП, йому пояснюють, що це пов'язано з методиками розрахунку або інфляційними процесами. Водночас будь-який економічний фахівець знає як можна нівелювати питання, пов'язані зі статистичними особливостями розрахунку ВВП, проте це скоріше маніпулятивний аргумент.

З іншого боку, до загальних напрямків зростання ВВП в Україні розглядається необхідність структурних реформ, подолання корупції, зменшення тіньового бізнесу. Дійсно, ці шляхи досить чітко відображаються на зміні ВВП, але при цьому існують й інші менш відомі чинники.

Метою статті є визначення зв'язку між зростанням ВВП і добробутом населення на підставі структурного, динамічного та пофакторного аналізів.

Викладення основних результатів дослідження. Номінальний ВВП на душу населення характеризує кількість загального обсягу товарів і послуг, які були вироблені чи реалізовані в країні за цінами, встановленими на момент здійснення операцій. Зростання цього показника в Україні у період з 2015 р. до 2018 р. складало 82,2% [2], проте його збільшення аж ніяк не свідчить про зростання добробуту населення. Для оцінки реальних обсягів товарів і послуг потрібно використовувати значення реального ВВП на душу населення, для розрахунку якого використовується індекс цін, що враховує зміну загального рівня цін на товари і послуги у часі.

Таблиця 1. Співвідношення між номінальним та реальним ВВП на душу населення в Україні за 2010—2018 роки

Рік	Номінальний ВВП на душу населення, грн	Індекс цін	Реальний ВВП на душу населення, грн
1	2	3	4
2010	23600,40	109,1	21631,90
2011	28813,90	104,6	27546,75

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
2012	30912,50	99,8	30974,45
2013	31988,70	100,5	31829,55
2014	35834,00	124,9	28690,15
2015	46210,20	143,3	32247,17
2016	55853,50	112,4	49691,73
2017	70224,30	113,7	61762,80
2018	84192,00	109,8	76677,60

Примітка: складено авторами на основі [2].

Як видно з розрахунків, починаючи з 2010 р. і до 2013 р. реальний ВВП постійно зростає, але нестабільна економічна та політична ситуація у 2014 р. призвела до його зниження. Проте за останні чотири роки значення обсягу реального ВВП на душу населення знов мало тенденцію до постійного збільшення. Звісно, така динаміка демонструє позитивні зміни в економіці, але варто зазначити, що це необов'язково є результатом зростання економіки країни, але й може бути пов'язано з таким фактором, як зміни в кількості населення України, що неухильно зменшується, і в період 2010—2018 рр. скоротилось на 3809,7 тис. осіб [2]. Тож темпи зменшення населення випереджають темпи зростання економіки.

Водночас, окрім зміни кількісного значення ВВП за останні роки, досить помітно змінився структурний склад ВВП.

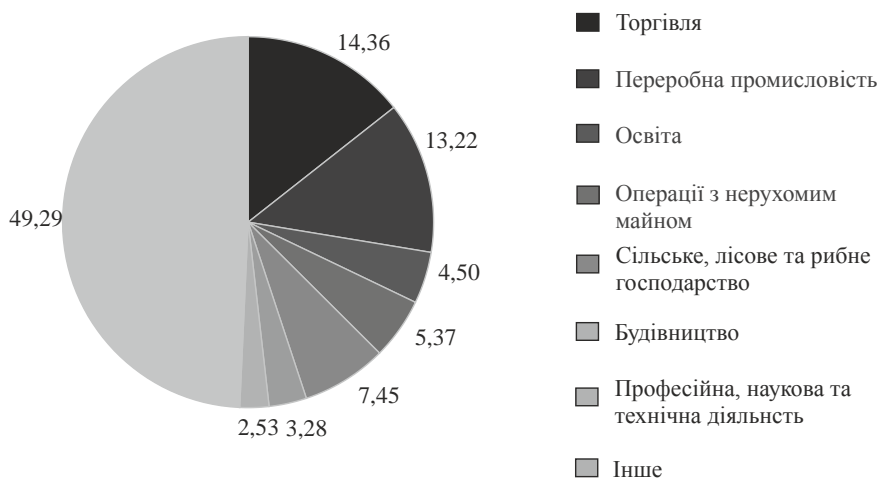


Рис. 1. Структурний склад ВВП України за 2010 рік,
побудовано авторами на основі [3]

Можна відмити (рис. 1, 2), що якщо раніше ВВП переважно формувалось за рахунок переробної промисловості, будівництва, торгівлі, то зараз все більшої питомої ваги набирають такі галузі, як сільське, лісове та рибне господарство, операції з нерухомим майном, а також професійна, наукова й технічна діяльність.

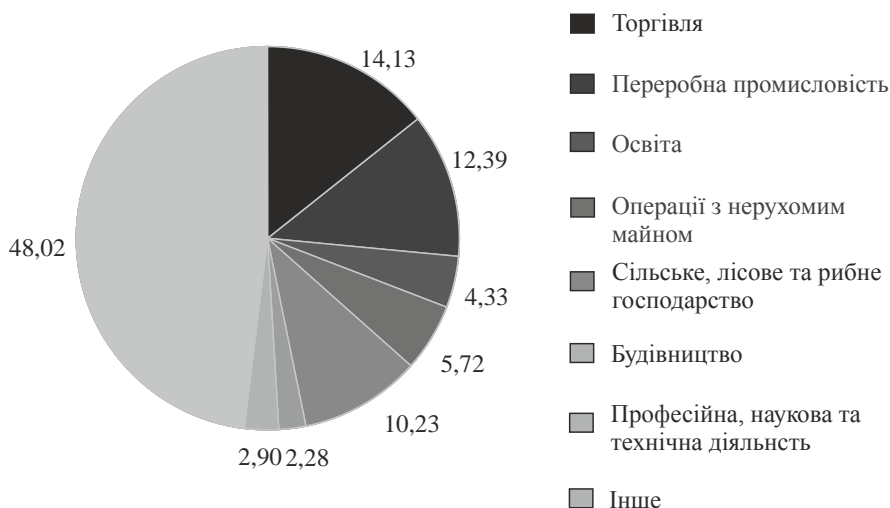


Рис. 2. Структурний склад ВВП України за 2017 рік,
побудовано авторами на основі [3]

В умовах зменшення реальних якісних продуктів у світі і переходу на сурогатні продукти через брак перших Україна може стати лідером на ринку, оскільки в країні досить велику частку у формуванні ВВП займає агропромисловий комплекс.

Однак деіндустріалізація, яка спостерігається у цій структурі, зокрема в умовах агресивної політики країни-сусіда і необхідності розвитку воєнно-промислового комплексу, потребує додаткових інвестицій й окремої уваги з боку держави та іноземних інвесторів.

Ще одним важливим показником для оцінки добробуту населення є рівень його купівельної спроможності. Купівельна спроможність відображає кількість одиниць товару (послуг), яку може придбати окремий громадянин за середню заробітну плату.

Протягом 2018 р. купівельна спроможність населення України зазнала змін. Так, купівельна спроможність населення за одинадцять місяців 2018 р. знизилась на 10%, причому споживчі ціни зросли на 9,8%. Зокрема, ціни на продукти харчування зросли в середньому на 8,1%, на алкоголь і тютюнові вироби — на 17,9%, на природний газ — на 22,9%, на охорону здоров'я — на 8,9%, на одяг і взуття — на 2%, на транспорт — на 12,9% (найбільше — на автодорожній пасажирський транспорт — 30%), на 13,4% подорожчала освіта, а послуги зв'язку — на 15,1% [4]. Особливо збільшився так званий індекс борщу, який дає можливість оцінити реальний вплив інфляції на населення (з 29 грн до 56,5 грн).

Як видно з графіка (рис. 3), за період 2013—2018 рр. ціни зросли на всі продукти харчування. Найменше ціна зросли на олію (248%), свинину (269%) та картоплю (292%), далі гречка (313%) та рис (341%), на хліб пшеничний і курку ціни зросли найбільше (447% і 474% відповідно).

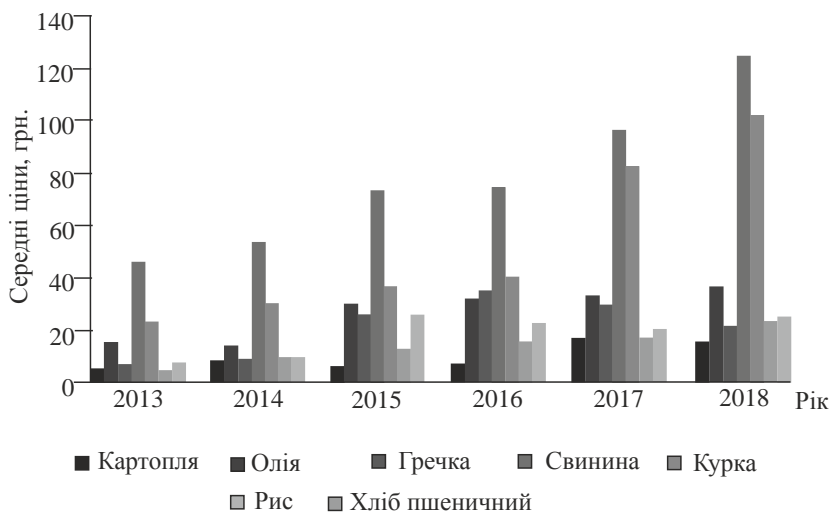


Рис. 3. Середні ціни на продукти харчування в Україні 2013—2018 рр., побудовано авторами на основі [2]

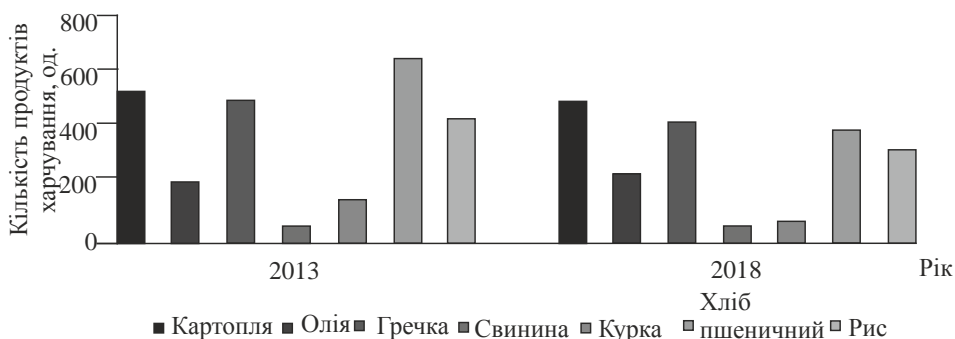


Рис. 4. Кількість продуктів харчування, які можна придбати на середню заробітну плату у 2013—2018 роках, побудовано авторами на основі [2]

У цілому в 2018 р. порівняно з 2015 р. купівельна спроможність населення України знизилась майже на всі продуктів, на середню заробітну плату у 2018 р. українці можуть купити більше лише 1 кг свинини та 20 л олії.

За період 2017—2018 рр. загалом купівельна спроможність українців на продукти, що підлягають державному моніторингу, зросла на 15 видів продуктів, зменшилась на 14 продуктів, на 2 види залишилась незмінною [2].

За 2013—2018 р. середня заробітна плата зросла на 5601 грн або на 172%, (8866 грн у 2018 р.; 3265 грн у 2013 р.), при чому ціни зросли на 248—474%, купівельна спроможність у середньому зменшилась в 1,3 раза [2].

Оскільки ВВП характеризує кількість вироблених товарів і послуг, то не важко здогадатися, що виробники товарів і послуг сплачують податки до державного бюджету. З бюджету отримують заробітну плату вчителі, викладачі, лікарі, інші держпрацівники, а також виплачується соціальне забезпечення. Відповідно, ВВП має прямий зв'язок з рівнем заробітної плати в Україні, чим

більше виробляється товарів і послуг в країні, тим більший дохід держави, і, як наслідок, вона може виділяти більше коштів на оплату праці вищезазначених працівників.

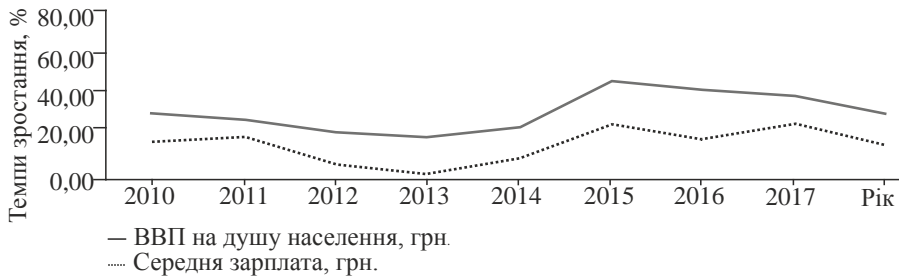


Рис. 5. Темпи зростання ВВП на душу населення та середньої заробітної плати в Україні за 2010—2018 рр., побудовано авторами на основі [2]

Як бачимо, за весь період 2010—2018 рр. існує певний розрив між темпами зростання ВВП на душу населення та середньої заробітної плати, причому з 2011 р. до 2014 р. темпи зростання обох показників зменшуються, але йдуть майже паралельно, то вже у 2015 р. спостерігається збільшення розриву між темпами зростання ВВП на душу населення і середньої заробітної плати. За весь період 2010—2018 рр. зростання розміру середньої заробітної плати відбувається швидше, ніж зростає економіка країни. Все це свідчить про те, що таке зростання заробітної плати необґрунтоване з економічного боку, оскільки не спричинене пропорційним, або ж більшим зростанням ВВП на душу населення та економіки загалом.

Зростання мінімальної заробітної плати призвело до навантаження на бізнес у частині перерозподілу доданої вартості від роботодавця в бік найманого робітника. Це дало можливість наповнити бюджет і пожвавити споживчий ринок, але подальші адміністративні збільшення мінімальної зарплати призвели до зростання безробіття (кількості звільнених), а також збільшення тінізації і, як наслідок, необхідності підвищення адміністративного контролю.

Зростання прожиткового мінімуму не відбувається, тому що при його підвищенні збільшується навантаження на бюджет через прив'язку цього показника до соціальних виплат, пенсій і тарифних ставок бюджетників, хоча за підрахунками він повинен бути збільшений мінімум утричі. Все це підтверджує, що дії органів управління не завжди мають економічний сенс, а диктуються політичними міркуваннями, в інтересах екстрактивної, а не інклюзивної логіки.

Важливим напрямком зміни ВВП є проведення структурних реформ, які повинні мати на меті забезпечення довгострокового економічного розвитку. На сьогодні було проведено багато структурних реформ з метою підвищення ВВП у різних секторах економіки України, але не всі з них виявились ефективними.

Зараз, як і багато років тому, вирішення потребують все ті ж питання: приватизація, дерегуляція, лібералізація. Немає пропозицій щодо зміни промислової політики, інвестиційного партнерства держави і бізнесу, кредитування експорту, його страхування, експортних гарантій, функцій держбанків тощо.

Існує також проблема побудови екстрактивної моделі, за якої лише частина громадян безпосередньо бере участь у розподілі ВВП. Причому корупція та монополізація ринку в Україні лише пришвидшують більш глибоке встановлення такої моделі. Для побудови протилежної — інклюзивної моделі розвитку держави, українцям передусім потрібно змінити управлінський апарат, тобто звести вплив так званої «еліти» до мінімуму. Зменшення впливу олігархії не дозволить керувати їй економікою країни для своєї вигоди, а, навпаки, надасть можливість реалізувати плюралізм думок населення, розвинувши таким чином у країні демократію.

Окремою проблемою, що перешкоджає збільшенню ВВП, також є наявність тіньової економіки. За даними Міністерства економічного розвитку і торгівлі України протягом 2017—2018 рр. зафіксовано найнижчий рівень тіньової економіки за останні 10 років, який складав 32% [5]. Але наявність тіньової економіки не можна розглядати як суто негативне явище. Звісно, з одного боку, тіньова економіка передбачає ухилення від сплати податків та недоодержання державою коштів, які могли б бути використані на її розвиток. Проте, з іншого боку, тіньовий бізнес надає можливість населенню з невеликим заробітком отримати деякі види послуг чи придбати товари і прожити за сучасних нестабільних економічних умов, перешкоджаючи таким чином збільшенню кількості бідних у країні.

Отже, питання загальнокорумпованого тіньового бізнесу потрібно переводити на побутовий рівень, який у деяких випадках залишається єдиним джерелом існування для окремих домогосподарств.

Аналізуючи сучасні економічні процеси можна сказати, що проблема подолання бідності обумовлена не тільки зростання рівня ВВП, але й особливостями його розподілу. У 2017 рр. коефіцієнт Джинні, який визначає ступінь нерівномірності розподілу доходів, становив в Україні 25% і був одним з найнижчих у Європі. У той же час доходи 10% найбагатших перевищують у 40 разів доходи 10% найбідніших українців [6].

Однак не тільки між зростанням ВВП і показником добробуту населення не встановлено лінійного зв'язку, але й між зростанням економіки і ВВП теж не завжди прослідковується цей зв'язок через недостатню кількість інвестицій. Так, інвестиції в Україні складають лише 17% від ВВП, що майже втричі менше від загальносвітового значення даного показника [7].

У той же час є різні країни, які існують в межах схожих ринкових моделей, але все ж таки відрізняються за рівнем розподілу ВВП, наприклад, у США на 1% населення припадає 20% ВВП, тоді як у Данії лише 6%, тому що в процесі розподілу, окрім економічних аспектів, відіграє роль ментальність націй [7].

Ментальність є своєрідною призмою, яка формується під впливом різних обставин (місця проживання, звичаїв, традицій, виховання, освіти тощо) і через яку кожен народ дивиться на одні й ті ж речі під власним кутом.

Зокрема, існує таке поняття як економічна ментальність, яка виражає ставлення певного індивіда чи їх групу до праці, багатства та економіки в цілому. Яскравим прикладом впливу ментальності на економіку може слугувати те, що у Данії населення погоджується з тим, що якщо ти заробляєш більше, тоді і маєш

більше віддавати. В той же час у Франції, коли до влади прийшов соціаліст Франсуа Олланд, який ініціював підвищення податків для багатих, це призвело до того, що французи почали переоформлювати бізнес у Бельгії, де податки були нижчими. Все це говорить про те, що населення не було готове віддавати так багато коштів державі. Тож якщо багаті люди мають соціальну свідомість, погоджуються витратити гроші на загальнодержавні програми, то це формується не матеріальними, а ментальними факторами.

Все це звертає нас до праці нобелівського лауреата 2018 р. Пола М. Ромера про ендогенні фактори розвитку країни. Одним з таких факторів саме в Україні є те, що бізнес не довіряє державним органам влади, тому і вкладає свої капітали не у великі індустріальні проекти, а в найменш ризиковані сфери діяльності, зокрема торгівлю, перепродаж нерухомості, надання послуг.

При цьому серед ендогенних факторів, що перешкоджають зростанню ВВП, можна виділити і ті, на які звертав увагу Макс Вебер у праці «Протестантська етика і дух капіталізму» [8]. На його думку, важливим фактором є етичні норми, які закладають консенсус між державою і бізнесом, найманими робітниками і роботодавцями. Тобто ці етичні норми теж потребують певних змін залежно від історії, виховання та етапу розвитку держави.

Висновки

Питання подолання бідності є надзвичайно важливим для економічного розвитку країни. З одного боку, вони пов'язані з економічними проблемами, а з іншого — з морально-етичними аспектами і формуванням певного ставлення населення до змін в економіці. Тому при розробці стратегій подолання бідності варто опиратися не лише на суто економічні важелі впливу, але й враховувати ментальні особливості суспільства, для якого будуть пропонуватися ті чи інші зміни.

Література

1. Візуалізація процвітання громадян у кожній країні світу у 2018 році. URL: <https://howmuch.net/articles/gdp-per-capita-2018>.
2. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua/>.
3. Квартальні розрахунки валового внутрішнього продукту України за 2010—2017 роки. Статистичний збірник. К.: Державна служба статистики України, 2018. С. 13—16.
4. У 2018 році споживчі ціни зросли на 9,8%. Держстат України. URL: <https://gordonua.com/ukr/news/money/-u-2018-rotsi-spozivchi-tsini-zrosli-na-9-8-derzhstat-ukrajini-647543.html>.
5. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. URL: <http://www.me.gov.ua/>.
6. Поживанов М. Коефіцієнт Джинні: як Україна стала лідером за рівністю доходів. URL: <https://ua.112.ua/mnenie/koeffitsient-dzhynni-yak-ukraina-stala-liderom-za-rivnistiu-dokhodiv-426448.html>.
7. Новини України й Світу. Головні й останні новини. URL: <https://nv.ua/>.
8. Вебер Макс. Протестантська етика і дух капіталізму / Пер. з нім. О. Погорілого. К.: Основи, 1994. 261 с.

УДК: 658 (657)

THE CONCEPT AND TYPES OF INFORMATION SYSTEMS IN MANAGEMENT OF ENTERPRISE

V. Milinevska, N. Kudrenko

National University of Food Technologies

Key words:

Information system

The task of the

information system

Information

*Types of information
systems*

Accounting

Enterprise management

Article history:

Received 05.12.2019

Received in revised form
27.12.2019

Accepted 13.01.2020

Corresponding author:

N. Kudrenko

E-mail:

natalyr@ukr.net

ABSTRACT

Modern enterprises are complex organizational systems with constantly changing individual components that are in complex interaction with each other. For the normal functioning of enterprises in a market economy, a perfect management activity is required, based on the complex automation of management of all production and technological processes, as well as resources. Information management system is a set of information, economic and mathematical methods and models, technical, software, other technological tools and professionals, designed to process information and make managerial decisions.

The successful functioning of information systems of enterprise management has a positive impact on the economy of the enterprise as a whole by improving the organizational structure and automation of management processes, improving the quality of work and facilitating the work of management personnel. The annual results of production and commercial activity of the enterprise are increasing.

Management information systems make it possible to use systematical approach to justify and make managerial decisions, to increase the level of their optimality, efficiency and effectiveness.

In this paper the essence of the concept “information system in enterprise management” and the task of information systems in the management of the enterprise were determined; the classification of information systems in the management of enterprises is given; functions of information systems in the management of enterprises and options for their implementation were listed; the advantages and disadvantages of information systems were analyzed in the application of accounting in order to generate economic information; the organizational forms of information management systems of the enterprise were allocated; the principles of the formation and use of information systems in the management of enterprises were defined.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-5

ПОНЯТТЯ ТА ВИДИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВОМ

В. Д. Міліневська, Н. В. Кудренко

Національний університет харчових технологій

Сучасні підприємства — це складні організаційні системи з окремими складовими, що постійно змінюються і знаходяться в складній взаємодії одна з одною. Для нормального функціонування підприємств в умовах ринкової економіки необхідна досконала управлінська діяльність на основі комплексної автоматизації управління всіма виробничими і технологічними процесами, а також ресурсами. Інформаційна система управління — сукупність інформації, економіко-математичних методів і моделей, технічних, програмних, інших технологічних засобів і фахівців, призначена для обробки інформації та прийняття управлінських рішень. Інформаційна система (ІС) управління повинна вирішувати поточні завдання стратегічного, тактичного й оперативного планування, а також завдання оперативного обліку фірми.

Успішне функціонування інформаційних систем управління позитивно впливає на економіку підприємства в цілому за рахунок удосконалювання організаційної структури й автоматизації управлінських процесів, підвищення якості роботи та полегшення праці управлінського персоналу, завдяки чому підвищуються кінцеві річні результати виробничо-комерційної діяльності. Інформаційні системи управління дають змогу системно підходити до обґрунтування й прийняття управлінських рішень, підвищувати рівень їхньої оптимальності, дієвості й результативності.

У статті визначено сутність поняття «інформаційна система в управлінні підприємством», завдання інформаційних систем в управлінні підприємством, наведено класифікацію інформаційних систем в управлінні підприємствами, перелічено функції інформаційних систем в управлінні підприємствами та варіанти їх здійснення, проаналізовано переваги і недоліки інформаційних систем при застосуванні в обліку з метою формування економічної інформації, виділено організаційні форми інформаційних систем управління підприємством, визначено принципи формування і використання інформаційних систем в управлінні підприємствами.

Ключові слова: інформаційна система, завдання інформаційної системи, інформація, види інформаційних систем, бухгалтерський облік, управління підприємством.

Problem statement in general and its connection with important practical tasks. Efficient management of a modern enterprise is ensured by the creation of management information systems that cover all levels and objects of management. The problem of modern enterprises, in particular in Ukraine, is the lack of managerial experience, informational education and financial resources for the formation of information management systems that would be characterized by economic efficiency

through the integration of advanced innovation in the field of management and information. Information system is a set of organizational and technical means for storing and processing information to meet the information needs of users. Information systems, as management systems, are closely linked to both systems for storing and transmitting information, and also provide information exchange in the management process. The information system includes a set of tools and methods that allow the user to collect, store, transmit and process information. The purpose and tasks of the information system is the formation of the information necessary for the efficient management of all its resources, the creation of information and technical environment for managing its activities.

An analysis of recent researches and publications in which the problem was initiated. The information systems were examined by O. Baranov, R. Belkin, A. Vikaruk, O. Zolotar, V. Ivanov, V. Nastyuk, V. Pylypchuk, M. Polovey, A. Rosinsky, S. Smirnov, M. Saltevsky, A. Sozanets, V. Hahanovsky, M. Shapovalov, O. Shlyakhov, O. Yarmish and others. However, today there is no single system approach to the development of the concept and types of information systems in Ukraine.

The purpose of the article. The purpose of the article is to clarify the essence of the concept of “information system of enterprise management”; the establishment of types of information systems in enterprise management.

Presenting main material. The introduction of an information system makes the enterprise more flexible to the changes in the external environment, allows you to respond quickly to new consumer requests, which, in turn, gives the possibility for an enterprise to increase sales volumes. This technology also plays very important role in the decision making process as a management that will quickly receive credible and objective information about the work of the entire firm, and middle and lower-level managers who can monitor scheduled tasks and adjust work in their departments to avoid errors in performing various operations using the structural management model of information system at the enterprise.

In addition, information technologies enable the enterprise to distribute working hours as follows so that employees have the opportunity to perform their duties on a highly skilled level, without time spending on analysis, processing and systematization of a large amount of data, through implementation of information systems that increase staff productivity and work efficiency of the enterprise at whole.

The main tasks of information systems, which are designed to provide timely and reliable information for making managerial decisions include:

- identification, collection, registration, analysis and delivery of information characterizing activity enterprises;
- ensuring the implementation of information analysis with pre-set parameters: efficiency, cost and terms;
- provision, planning and standardization of processes of movement and processing of information, their documentation and control [2].

The generalization of the opinions of different authors and our own research suggests that under the information system it is necessary to understand the totality of different types of information, subjects of information activity, information technologies and connection between them. Given the definition of the concept “system”

and the domain of its application, information is the most important object of the information system. During the study of the signs of the concept of “information” it was found that one of its characteristics are the subjects of information activity. After all, the information arises only because of the presence of the subject, which is able to identify the signs of a certain phenomenon, the process. Obtaining, processing information, its use for a certain purpose causes the emergence of information technology, which is the third component of any information system. In the interaction of these elements there is an information system. The conducted researches allow to allocate the information system, in relation to the enterprise management process, on:

- information systems of the enterprise management;
- other information systems [3].

Information System of Enterprise Management (ISEM) is a set of management information, management entities, information technologies, enterprise management system and connection between them. Enterprise information systems are expedient to classify:

1. By object of management:

- local (information management systems of separate structural subdivisions, types of activity of the enterprise, etc.);
- integrated (information management systems in general).

2. By the way of formation:

- information systems developed by the employees of the enterprise;
- purchased information systems;
- combined information systems.

3. On a functional basis:

- single-function (aimed at the implementation of one function. an example of such an is can be the information system of accounting in the enterprise);
- multifunctional (focused on the implementation of two or more functions. multifunctional are integrated information systems of enterprise management).

With the introduction of computer technology, the speed of inputting information, processing it and obtaining an answer increases the efficiency of labor. Information systems created on the basis of electronic computing machines (ECM), have their own peculiarities and advantages: using a computer in the information system can store more information than in systems of manual and mechanized type; information through communication channels can be transmitted to other information systems and users; information can be concentrated in one place regardless of where it is received [4].

There are several approaches to the classification of information systems:

1. By the nature of the search organization, distinguish the system:

- information retrieval;
- information and management;
- information and reference.

2. By the implementation of the mode of distribution and the search for information are distinguished:

- systems with selective distribution and information search mode;
- systems with a retrospective mode of distribution and search;

- integrated systems.
- 3. By the nature of functionality, information systems are divided into:
 - monofunctional;
 - multifunctional.
- 4. On the scale of implementation:
 - global;
 - regional;
 - local.
- 5. In terms of safety:
 - information systems with the highest level of security;
 - with a high level of security;
 - with a low level of security [4].
- 6. By feature of architecture:
 - desktop (local) information systems in which all components (database, client software) are on the same computer;
 - distributed information systems, in which the components are branched out on several computers.
- 7. By the degree of automation information systems are divided into:
 - automated;
 - information systems in which automation may be incomplete, because permanent personnel intervention is required);
 - automatic;
 - information systems in which automation is complete, that is, there is no need to interfere with personnel or need only occasional.
- 8. By the nature of data processing:
 - information and reference or information retrieval IS, which do not have complex algorithms for data processing, and the purpose of the system is to search and provide information in a convenient way;
 - information systems for data processing, or decisive information systems, in which data is processed by complex algorithms (automated control systems, decision-making systems).
- 9. By the area of application: since information systems are created to meet information needs within a specific subject area, then each type of subject (field of application) corresponds to its type of information system. To list all these types is not meaningful, because there are a lot of subject areas, but we can specify the following types of information systems as an example:
 - information and reference system;
 - an information system designed to find information within a specific subject area;
 - economic information system;
 - an information system designed to perform management functions at an enterprise;
 - information-analytical system of forensic accounting;
 - information system intended for analytical support of law-enforcement activity;
 - medical information system;
 - an information system intended for use in a medical or preventive institution;

- geographic information system;
- information system providing collection, storage, processing, access, display and distribution of spatially coordinated data (spatial data).

10. On the scale of the scope of tasks:

- a personal information system designed to solve a certain range of tasks of one person;

- a group information system focused on the collective use of information by members of the working group or unit;

- the corporate information system ideally covers all information processes of the entire enterprise, ensuring their complete consistency and transparency. Such systems are sometimes called complex automation systems of the enterprise [5].

In our point of view, the most common in scientific and empirical activities is the division of information systems in the field of application. The above criteria for the systematization of information systems are rather comprehensive, and it seems that the creation of new authorship approaches to systematization is unlikely to have much scientific value.

Conclusion

Giving the importance of clarifying the meaning of the term “information system” as well as ambiguity in defining this term in both legislative and scientific terms, we can agree with this definition of the term “information system” as an organizational and technical system in which, through technical and software provides the operation of information processes, in particular the creation, distribution, use, processing, systematization, preservation and destruction of information [6].

The existence in national legislation of the definitions of certain types of information systems and the lack of their complete classification in scientific literature allows us to agree with the above classification of information systems according to various criteria: by the nature of the search organization; by the mode of distribution and search of information; by the nature of the functionality; by scale of implementation; in terms of security; by degree of automation; by the nature of processing of data; by the field of application, etc.

References

1. Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах: Закон України: Закон України від 05 липня 1994 року № 80/94-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1994. № 31. Ст. 286.
2. Лисин Н. Лоскутная автоматизация, или как управлять «зоопарком» программ. URL: <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=14862>.
3. Баранов О. Понятійний апарат інформаційного права. *Правова інформатика*. 2007. № 3(15). С. 33—39.
4. Сазонець О. М. Інформаційні системи і технології в управлінні зовнішньоекономічною діяльністю [текст]: навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2014. 256 с.
5. Пасмор Ю. В. Напрями консолідації в інформаційному забезпеченні правової науки України: соціально-комунікативний аспект: монографія. Х.: Юрайт, 2013. 272 с.

COOPERATION OF UKRAINE WITH INTERNATIONAL
FINANCIAL ORGANIZATIONS

M. Denisenko, M. Polishchuk

Kyiv National University of Technologies and Design

M. Bilko

National University of Food Technologies

Key words:

*International financial-
credit organizations
The economy of Ukraine
Cooperation
Economic relations
Foreign loans*

Article history:

Received 02.12.2019
Received in revised form
17.12.2019
Accepted 13.01.2020

Corresponding author:

M. Bilko

E-mail:

aromat@ukr.net

ABSTRACT

The article explores the main tendencies of cooperation of Ukraine with international financial and credit organizations (IFO), analyzes their effectiveness and experience of attracting foreign loans for the world economic practice.

Prospects for the development of Ukraine's relations with the IFO and the state of modern relations of Ukraine with them, as well as ways of integration of Ukraine into international economic and political relations, which are inextricably linked with ensuring the structural reform of the national economy and creating the basis for its sustainable growth, are substantiated. An analysis of the main regulatory documents on which the relations between Ukraine and the International Monetary Fund (IMF) are based is made. The main stages of Ukraine's cooperation with the IMF and the main problems of cooperation in order to improve its mechanisms for improving the efficiency of the Fund's resources and implementation of structural reforms in Ukraine are considered. Measures to make effective use of World Bank assistance are proposed to be taken by the Government of Ukraine. The peculiarities of the state sector of public finances are analyzed. International monetary and financial institutions are an important component of the current institutional structure of global monetary and financial relations. The priority areas and forms of cooperation of Ukraine with the IFO are defined in the respective strategies of assistance to Ukraine, which are kind of medium-term programs that determine the structure, scope and principles of activity of these organizations in Ukraine. The strategies support a development program designed by the Government of Ukraine that is tailored to the needs and conditions of a particular country. The issue of cooperation with IFO is especially relevant today due to the limited financial resources and the gradual entry of the state into the stage of peak payments on external debt.

СПІВРОБІТНИЦТВО УКРАЇНИ З МІЖНАРОДНИМИ ФІНАНСОВИМИ ОРГАНІЗАЦІЯМИ

М. П. Денисенко, М. Р. Поліщук

Київський національний університет технологій та дизайну

М. В. Білько

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено основні тенденції співробітництва України з міжнародними фінансово-кредитними організаціями (МФО), проаналізовано їх ефективність та досвід залучення іноземних кредитів для світової економічної практики. Обґрунтовано перспективи розвитку відносин України з МФО і стан сучасних взаємовідносин України з ними, а також шляхи інтеграції України в міжнародні економічні й політичні відносини, що нерозривно пов'язані із забезпеченням структурного реформування національної економіки та створенням підґрунтя для її стійкого зростання.

Здійснено аналіз основних нормативно-правових документів, на яких базуються взаємовідносини між Україною та Міжнародним валютним фондом (МВФ). Розглянуто основні етапи співробітництва України з МВФ і головні проблеми співпраці з метою вдосконалення його механізмів для підвищення ефективності використання ресурсів Фонду та реалізації структурних реформ в Україні. Запропоновано заходи, які слід здійснити уряду України з метою ефективного використання допомоги, що надається Світовим банком.

Проаналізовано особливості стану вітчизняного сектору державних фінансів. Зазначено, що міжнародні валютно-кредитні та фінансові організації є важливою складовою сучасної інституційної структури світових валютно-фінансових відносин. Пріоритетні напрями та форми співробітництва України з МФО сформульовані у відповідних стратегіях допомоги Україні, які є своєрідними середньостроковими програмами, що визначають структуру, обсяг і принципи діяльності в Україні цих організацій. Стратегії підтримують програму розвитку, розроблену урядом України, яка пристосована до потреб та умов певної країни.

Питання співпраці з МФО особливо актуалізується сьогодні з огляду на обмеженість фінансових ресурсів та поступове входження держави в стадію пікових виплат за зовнішнім боргом.

Ключові слова: міжнародні фінансово-кредитні організації, економіка України, співробітництво, економічні відносини, іноземні кредити.

Постановка проблеми. До міжнародних фінансових організацій відносяться організації, засновниками яких є кілька країн, що надають фінансові ресурси країнам-членам МФО на умовах, визначених їхніми статутними документами. МФО мають функції створення певних обмежень — рамкових умов світової економічної процедури, що впливає на роль окремих груп країн у цьому процесі. Фінансова нестабільність у країні, постійне зростання зовнішнього боргу, неоднозначні оцінки в суспільстві та економічній літературі призводять до ускладнень співробітництва з міжнародними фінансовими організаціями. Отже, досвід

України в МФО вимагає аналізу та об'єктивного узагальнення інформації, що й обумовлює актуальність цих досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми та перспективи інтеграції економіки України до світової фінансової системи досліджували такі вітчизняні науковці, як О. І. Ковтун, П. О. Куцик, Г. І. Башнянин, В. А. Шевчук [1; 2], науковий інтерес яких був сфокусований навколо питань зовнішньоекономічної діяльності України та її відносин з міжнародними фінансовими організаціями, які є вагомим пріоритетом політики держави.

У працях Т. М. Мельник відмічено тенденції розвитку зовнішньоекономічного сектору та виявлено основні проблеми, серед яких суттєве зниження прямих іноземних інвестицій [3]. Проблеми впливу кредитів міжнародних фінансових організацій на фінансову політику України розглянуті О. М. Лютиком та Д. С. Лисаком [4], фундаментальні праці В. П. Колосової спрямовані на вивчення впливу міжнародних фінансових організацій та економічний розвиток країни [5; 6]. Сучасний стан і перспективи розширення співробітництва з МФО вивчалися В. П. Колосовою та І. М. Івановою [7]. У праці Н. Є. Скоробогатової та Н. М. Балевої визначаються особливості механізму фінансового співробітництва між ЄС та Україною. Автори окреслюють проблеми, які заважають ефективному співробітництву України з МФО [8].

Отже, аналіз публікацій свідчить про низку вузьких досліджень у напрямку відносин між МФО й Україною та необхідність узагальнення інформації, тобто комплексного підходу до такої співпраці, її впливу на національну економіку в умовах сьогодення та значення для інтеграції України у світове господарство.

Мета дослідження полягає у теоретичному обґрунтуванні співробітництва України з міжнародними фінансовими організаціями, дослідженні сучасних відносин України з ними, а також аналізуванні перспектив розвитку відносин України з цими організаціями.

Викладення основних результатів дослідження. Україна співпрацює з Міжнародними організаціями, яких за сферою діяльності можна поділити на декілька груп.

До першої групи входять установи, діяльність яких має глибокий вплив на розвиток глобальної економіки в цілому і всіх її соціально-економічних підсистем, до яких відносяться міжнародні валютно-фінансові організації, зокрема Міжнародний валютний фонд (МВФ), Світовий банк (СБ), Міжнародна організація праці (МОП), Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй (ПРООН), Всесвітня організація інтелектуальної власності (ВОІВ).

До другої відносяться міждержавна галузева організація поза рамками ООН. Серед них найбільш значущою та пріоритетною для України є Світова організація торгівлі (СОТ) та Європейський банк реконструкції і розвитку (ЄБРР).

До третьої можна віднести близько 70 асоціацій європейських підприємців, переважно в промисловості й енергетиці, в галузі транспорту та зв'язку. Підтримка зв'язків з існуючими асоціаціями сприяє отриманню для України фінансових ресурсів, а також організаційної й технічної допомоги. Четверта група — це міжнародні кооперативні організації, на чолі яких Міжнародний кооперативний альянс (МКА).

Однією з найвпливовіших МФО в Україні є Світовий банк, до складу якого входять 186 країн-акціонерів. Україна з 1992 р. стала членом МВФ і водночас

увійшла до структури СБ [9]. За роки співпраці тільки СБ затвердив для України понад 50 позик на загальну суму 10,1 млрд дол. США.

Україна отримала кредити від МВФ, Міжнародного банку реконструкції та розвитку (МБРР), Міжнародної фінансової корпорації (МФК), ЄБРР на загальну суму понад 15,4 млрд дол. США, в тому числі: МВФ — в розмірі 4,41 млрд дол. США; МБРР — 5,3 млрд дол. США; ЄБРР — 3,2 млрд євро; МФК — 786 млн дол. США; ЧБТР — 180 мільйонів дол. США [10].

Єврокомісія ухвалила пакет фінансової допомоги для України, у рамках якого вона може отримати до 12 млрд євро до 2020 р.: це макрофінансова допомога, позики ЄБРР, на гранти з європейського бюджету тощо. Запозичення у Світового банку і ЄБРР залишається вигідним для України з точки зору терміну кредиту, вартості ресурсів, інституційного впливу і передачі знань.

МВФ — це міжурядова організація, діяльність якої включає регулювання валютних відносин між країнами-членами та покликана надавати їм ресурси в іноземній валюті для фінансування дефіцитів платіжних балансів тим країнам, які цього потребують. У разі надання кредитів МВФ ставить перед такими країнами певні політичні й економічні умови, які повинні втілюватися у проєктах-програмах перебудови економіки. Також МВФ має на меті забезпечити фінансування своїх загальних ресурсів у рамках механізмів пільгового фінансування, керованих окремо. Держави-члени, використовуючи загальні ресурси МВФ, запозичують валюту інших держав-членів в обмін на еквівалентну суму в їхній власній валюті. МВФ стягує такі кредити і вимагає від держав погашати свою заборгованість протягом зазначеного терміну, використовуючи валюту інших держав-членів або Спеціальні права запозичення (СПЗ). Пільгове фінансування надається у вигляді кредитів під низькі відсотки.

У рамках кредитних програм можна виділити кілька етапів співпраці України з МВФ.

На першому етапі (1994—1995 рр.) в рамках програми «Механізм фінансування системних перетворень», яка призначалася для країн колишнього СРСР, Україна протягом цього періоду отримала фінансову допомогу в формі Фонду системної трансформації (ФСТ) на суму 498,7 млн СПЗ або понад 700 млн дол. США (при запланованому 780 млн дол. США). США підтримували платіжний баланс України, але через невиконання Україною ряду умов програму було завершено завчасно.

Другим етапом співпраці (1995—1998 рр.) стала трирічна програма Stand-By, завдяки якій Україна отримала кредити на загальну суму 1318,2 млн дол. США, СПЗ від МВФ — 1935 млн дол. США. Основна мета цих кредитів полягала в підтримці національної валюти і фінансування дефіциту платіжного балансу України. Сума кредиту протягом цього періоду декілька разів переглядалася через невиконання умов Україною, у 1998 році Фонд призупинив програму, оскільки Україна не виконала умови з показником дефіциту бюджету й темпами зростання грошової бази.

Третій етап (1998—2002 рр.) був більш триваліший. Програма призначена для країн із серйозними порушеннями рівноваги платіжного балансу, пов'язаними зі структурними змінами виробництва й торгівлі. Фонд розширеного фінансування Electronic Frontier Foundation (EFF) надав Україні кредит у розмірі 1,6 млрд дол. США, замість 2,6 мільярда.

Протягом 2002—2008 рр. Україна не скористалася кредитом, хоча й була затверджена програма співробітництва «Попереджувальний Stand-By» на загальну суму 605 млн дол. США. Уряд України обрав серед інших прийнятних форм для продовження співробітництва України з Міжнародним валютним фондом резервну превентивну програму на безвідсотковій основі. Співпраця з МВФ у ці роки обмежилася технічною допомогою.

На п'ятому етапі (2008—2013 рр.) Україна отримала найбільше кредитів — 14 млрд дол. США, при запланованих 25,7 млрд. Це пов'язано з тим, що український уряд не вирішив питання, пов'язані з дефіцитом бюджету та девальвацією гривні. На цьому етапі почалася виплата за кредитами, але у зв'язку з несприятливою ситуацією на світових фінансових ринках і зростаючими ризиками для стабільного розвитку світової економіки України, виплата основної частки кредиту МВФ, а також відсотків по ньому, була розтягнута на роки (рис. 1).

млн дол. США

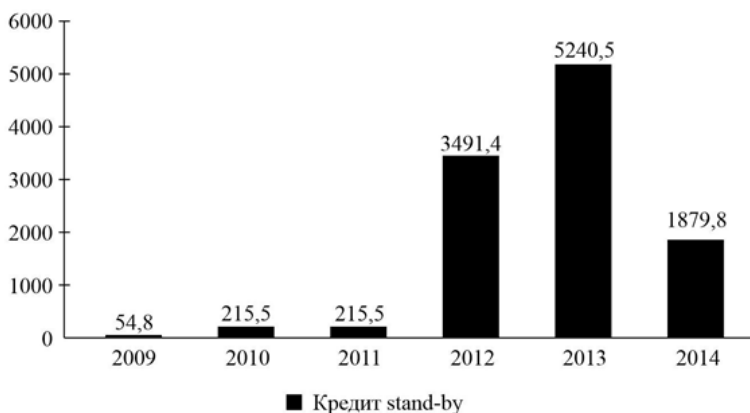


Рис. 1. Графік погашення Україною кредиту stand-by від МВФ, [9]

З 2014 р. МВФ відновив кредитування для України. МВФ ставив перед Україною такі ж самі умови — боротьба з корупцією, «оздоровлення» банківської системи, газова реформа, скорочення витрат бюджету. В цьому році Україна отримала два транші на загальну суму 4,6 млрд дол. США. З 11 березня в 2015 р. програма Фонду Stand-by була замінена на Механізм розширеного фінансування (Extended Fund Facility — EFF). Та вже у 2015 р. МВФ виділив 6,7 млрд дол. США, у 2016 р. та 2017 р. ще по 1 млрд дол. США [11].

Також Україна має співробітництво зі Світовим банком. СБ складається з груп, яка включає в себе схожі організації: Міжнародний банк реконструкції, Міжнародна фінансова корпорація, Міжнародна асоціація розвитку, Багатостороння агенція гарантування інвестицій, а також Міжнародний центр урегулювання інвестиційних конфліктів [9].

До основних завдань Групи СБ відноситься зниження рівня бідності та підвищення рівня життя країн-членів шляхом покращення економічного розвитку; запозичення коштів до країн, що розвиваються, від країн з розвинутою економікою.

Між СБ і МВФ є різниця, яка полягає в тому, що МВФ концентрує свою увагу на питанні короткострокової фінансової стабільності в країні, а СБ спрямований на середньострокові та довгострокові проекти структурних і галузевих перетворень в економіці країн.

Співробітництво між Україною і СБ проходить в рамках Стратегій допомоги Україні (СДУ) впродовж певного періоду. Основним її завданням була підтримка європейського курсу України. СДУ направлена на необхідність формування європейських прагнень за допомогою реформування інституцій і політики, посилення підзвітності посадових осіб державних органів влади та зміцнення підвалин громадянського суспільства.

На зміну СДУ в грудні 2007 р. СБ була затверджена нова Стратегія партнерства з Україною на період 2008—2011 рр., яка мала на меті сприяти сталому економічному зростанню та посиленню конкурентоспроможності України, реформуванню державних фінансів та державного управління, а також покращенню державних послуг у такій сфері, як охорони здоров'я та освіти [12].

Стратегія визначала основні цілі діяльності Групи СБ в Україні. Основними секторами її впровадження були муніципальна структура, енергетика, земельна реформа, соціальне страхування, охорона навколишнього середовища, якісна середня освіта, кредитування та інвестиції, надання аналітичних і консультаційних послуг та допомоги з технічних питань.

18 грудня 2018 р. Рада директорів МВФ ухвалила рішення про відкриття для України чергової 14-місячної програми підтримки економічної політики Stand-By Arrangement (SBA) обсяг якої склав 3,9 млрд дол. США.

До ключових елементів Стратегій допомоги можна віднести декілька проєктів, які потрібні для реформування національної економіки, серед яких проєкти щодо (виділені кошти, млн дол. США) [12]:

- підтримки реформування енергетичної сфери (200);
- удосконалення соціальної допомоги в Україні (140);
- модернізації фінансового національної економіки (50);
- дорожньої безпеки (400);
- підтримки гідроенергетики та загальних фінансів (60);
- поліпшення енергоефективності національної економіки (200);
- розвитку експорту та загальних фінансів (150).

З 2019 р. в Україні реалізуються 9 спільних зі СБ проєктів на загальну суму 2,6 млрд дол США. Вибірка коштів за проєктами у 2019 р. зросла майже на 18% проти минулого року.

Кошти СБ в Україні інвестують у транспорт, медицину, соціальну сферу й житлово-комунальне господарство. Зокрема, у перелік проєктів, які реалізуються в Україні на сьогодні, входять декілька галузей:

- поліпшення транспортного сполучення в регіонах та із сусідніми країнами, поліпшення доріг і безпеки в Україні для покращення стану та якості ділянок уздовж дороги М-03 та підвищення безпеки руху на дорогах;
- фінансування розвитку магістральних електромереж у містах і регіонах;
- підвищення якості медичних послуг. Також цей напрямок роботи передбачає підвищення ефективності урядування у системі охорони здоров'я в Україні;
- підвищення якості та ефективності послуг з водопостачання, водовідведення й утилізації твердих побутових відходів у відібраних містах України;

- підвищення енергоефективності та якості послуг відібраних підприємств теплокомуненерго на території нашої країни. Підтримка реформування енергетичної сфери є підвищення безпеки, надійності і якості енергопостачання і, отже, сприяння безперешкодному функціонуванню енергетичного ринку як усередині країни, так і за кордоном;

- удосконалення соціальної допомоги в Україні та надання допомоги комунальним підприємствам у просуванні до більш високій якості і надійності послуг і зниження витрат на обслуговування за допомогою ряду інституційних поліпшень і вибіркового інвестицій у відновлення і заміну зношеного водопостачання, стічних вод і системи твердих відходів;

- модернізація державних фінансів України з посиленням управління державними фінансами з точки зору операційної ефективності та прозорості;

- основна мета додаткового фінансування Проекту реконструкції гідроенергетики є покращення експлуатаційної стабільності та надійності електропостачання шляхом підвищення регулюючої потужності, ефективності та безпеки гідроелектростанцій, а, отже, сприяння безперебійній роботі та відкриттю ринку електроенергії в Україні;

- проект з енергоефективності направлений на підвищення енергоефективності з боку промислових і комерційних установ, муніципалітетів, підприємств державного сектору й енергосервісних компаній шляхом сприяння сталому фінансовому посередництву з метою фінансування інвестицій в енергоефективність;

- проект розвиток експорту (ПРЕ2) для України спрямований на забезпечення в середньо- і довгостроковій перспективі фінансування оборотного капіталу і інвестицій для приватних експортних підприємств. Він направлений на сприяння розвитку приватного експортного сектору гаранта, а також подальшого підвищення здатності банківського сектору надавати фінансові кошти сектору підприємств шляхом розвитку посередництва за рахунок розширення пропозиції кредитних продуктів для приватних фінансових організацій.

Підсумовуючи вищевикладене можна відмітити, що Україна знаходиться в такому фінансовому та економічному стані, що реальним інструментом виходу з економічної кризи, поряд з впровадженням проектів, може стати лише плідна співпраця з міжнародними фінансовими організаціями.

Разом з низкою позитивних наслідків від співпраці України з міжнародними фінансовими установами ця діяльність може бути й чинником нестабільності української економіки. Саме фінансова заборгованість робить економічну систему країни вкрай вразливою, нестабільною та залежною від зовнішніх кредиторів. У той же час формат співпраці має будуватись виключно на національних інтересах нашої держави.

Також слід відмітити, що у відносинах України з міжнародними фінансовими інститутами існують проблеми, які пов'язані зі специфікою України і самих міжнародних фінансових інститутів. Україна відноситься до країн з перехідною економікою, а міжнародні фінансові організації застосовують у співпраці з Україною стандартні вимоги для співпраці з іншими країнами [13].

Україна має складність побудови відносин із зовнішніми кредиторами. Це обумовлено тим, що вона немає можливості повністю виконувати свої зобов'язання перед ними, незважаючи на те, що держава залежить від зарубіжних

фінансових потоків [14]. Водночас існуючі проблеми не повинні впливати на зміну відносин з міжнародними фінансовими інститутами в бік конфронтації. Інакше було б небезпечно порушувати фінансові та інші зобов'язання через нездатність запобігти дефолту або свідомого політичного рішення. Отже, для сучасного етапу економічного розвитку України проблеми відносин з міжнародними фінансовими інститутами є надзвичайно важливим питанням [15].

Світовий досвід доводить, що для країн, перед якими є завдання реструктуризації галузей, усього механізму власності й управління, мобілізації капітальних і кредитних ресурсів, ефективність використання додаткових фінансових можливостей є помітною підтримкою для поступального руху вперед. І тільки від ефективності спрямування коштів залежить майбутній розвиток України.

Висновки

Співпраця з міжнародними фінансовими організаціями позитивно впливає на вирішення багатьох фінансово-економічних і соціальних проблем України. Співробітництво України з такими організаціями має за мету забезпечення рівноправної участі у міжнародних інтеграційних процесах через ефективне залучення і використання кредитних коштів. Це дасть змогу створити умови для сталого економічного розвитку та формування змішаної економіки.

Через співпрацю з МФО Україна має підвищити свій економічний національний рівень. Доцільно розробляти певні проекти міжнародних фінансових операцій, які будуть спрямовані на максимально ефективні ресурси, а після отримання фінансової допомоги слід здійснювати жорсткий контроль щодо її використання. Це дасть змогу здійснити структурну реформу економіки України, яка буде сприяти її інноваційному розвитку. Для забезпечення сталого розвитку державі треба фокусуватись на підвищенні конкурентоспроможності України на міжнародному ринку, реформуванні системи управління державними фінансами та державним сектором, покращенні рівня якості державних послуг та достатку громадян України.

Література

1. Куцик П. О., Ковтун О. І., Башнянин Г. І. Глобальна економіка: принципи становлення, функціонування, регулювання та розвитку: монографія. Львів: Видавництво ЛКА, 2015. 594 с.
2. Інтеграція економіки України в глобальне господарство: проблеми та перспективи / П. Куцик, О. Ковтун, Г. Башнянин, В. Шевчук. *Економіст*. 2017, № 2. С. 11—19. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ_2017_2_5 (дата звернення: 26.11.2019).
3. Мельник Т. М. Зовнішньоекономічний сектор України: реалії та перспективи. *Вісник Київського національного торговельно-економічного університету*. 2016, № 4. С. 38—55. URL: <http://visnik.knteu.kiev.ua/files/2016/04/4.pdf> (дата звернення: 26.11.2019).
4. Лютік О. М., Лисак Д. С. Вплив кредитів міжнародних фінансових організацій на фінансову політику України. *Гроші, фінанси і кредит*. 2018, Вип. № 3 (65). С. 65—69.
5. Колосова В. П. Вплив міжнародних фінансових організацій на економічний розвиток країни: питання теорії. *Економіка України*. 2016, № 12. С. 61—71. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk_2016_12_5 (дата звернення: 21.11.2019).
6. Колосова В. П. Фінансові ресурси міжнародних інституцій у системі бюджетного планування України: дис. ... докт. екон. наук: 08.00.08 / Київський національний торговельно-економічний університет. Київ, 2017. 436 с.

7. Колосова В. П., Іванова В. П. Співробітництво України з міжнародними фінансовими організаціями: сучасний стан та перспективи розширення. *Фінанси України*. 2014, № 11. С. 33—47.
8. Скоробогатова Н. Є., Балева Н. М. Удосконалення механізму фінансового співробітництва між Україною та ЄС. *Економіка та держава*. 2016, № 12. С. 72—77. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecde_2016_12_18 (дата звернення: 21.11.2019).
9. Стратегія партнерства з Україною на період 2010—2016 рр. МБРР.: Інформаційно-довідкові матеріали щодо співробітництва з МФО. URL: <http://www.me.gov.ua/Documents/MixedList?tag=InformatsiiodovidkoviMaterialiSchodoSpivrobitnitstvaZMfo> (дата звернення: 22.11.2019).
10. Миськів Г. В. Кредити міжнародних фінансових організацій в економіці України. *Фінансовий простір*. 2015, № 2 (18). С. 48—53.
11. Україна та МВФ: яка влада найбільше позичала / Українські медійні системи. URL: <https://glavcom.ua/economics/finances/ukrajina-ta-mvf-yaka-vlada-naybilsh-pozichala--546264.html> (дата звернення: 26.11.2019).
12. Прокти в Україні / Офіційний сайт Світового банку. URL: <https://www.worldbank.org/uk/country/ukraine/overview> (дата звернення: 25.11.2019).
13. Денисенко М. П., Бобровник А. В. Конкурентоспроможність України на міжнародному рівні. *Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку*. 2017, № 12. С. 4—10. URL: https://nonproblem.net/wp-content/uploads/2019/12/2017_12_004.pdf (дата звернення: 22.11.2019).
14. Міжнародний досвід регулювання бізнесу / М. Денисенко, А. Мельник, З. Шацька, О. Будякова. *Дослідження та інновації: збірник наукових статей*. 2019. С. 55—58. URL: <http://conferencii.com/files/archive/2019-02.pdf> (дата звернення: 22.11.2019).
15. Скриль В. В., Дзеркаль А. Б. Проблемні аспекти співробітництва міжнародних фінансових організацій з Україною. *Економічний форум*. 2016. № 2. С. 93—101.

УДК: 657

MODERNIZATION OF THE STATE TAX SERVICE ON THE EXAMPLE OF THE TAXPAYER'S ELECTRONIC CABINET

L. Chernelevsky, M. Diomina

National University of Food Technologies

Key words:

Taxation
Tax policy
Electronic tax reporting
Modernization
State tax administration

Article history:

Received 05.12.2019
Received in revised form
18.12.2019
Accepted 15.01.2020

Corresponding author:

M. Diomina
E-mail:
mdioma7@gmail.com

ABSTRACT

This article discusses filing tax returns electronically. The modern way such as the electronic office of the taxpayer is given. The development of the State Tax Service of Ukraine at all stages of modernization is considered and it is determined that today informatization is a priority direction of the department's development.

It is revealed that the modernization of tax department processes with the participation of innovations and information technologies, development of the e-taxation direction, is primarily aimed at improving the efficiency of the MRF.

For three years, Ukraine has undergone a rather radical reform of both the tax system and tax policy in particular. Tax policy is a combination of forms and methods of taxation of both the state and taxpayers. If the reform of the tax system is carried out by changing the tax rates, expanding the tax base, abolishing some taxes and introducing other taxes, then reforming the tax policy will change the forms and methods of the state in the sphere of taxation. One of the elements that the state is constantly trying to change in order to comply with taxpayer tax discipline is the form of filing tax returns. This relates to the filing electronic tax returns.

The importance of research in this area is evidenced by the rapid development of the information economy, which takes into account the potential of information technology. In particular, the modernization of information and communication technologies (hereinafter — ICT) by governmental structures has ended on the path of democratization of public administration. There is no doubt about the urgency of this issue as the use of ICT in the public sector creates new mechanisms in the context of building an effective, responsible, accountable and transparent governance.

Due to the results of the conducted research, it should be noted that the modernization of the state tax service in the field of automation of the processes of tax administration, informatization and development of information infrastructure was not the subject of separate scientific research.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-7

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДЕРЖАВНОЇ ПОДАТКОВОЇ СЛУЖБИ НА ПРИКЛАДІ ЕЛЕКТРОННОГО КАБІНЕТУ ПЛАТНИКА ПОДАТКІВ

Л. М. Чернелевський, М. І. Дьоміна

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто подання податкової звітності в електронній формі. Наведено сучасний спосіб — електронний кабінет платника податків. Проаналізовано розвиток Державної податкової служби (ДПС) України на всіх етапах модернізації та визначено, що на сьогодні інформатизація є пріоритетним напрямком розвитку. Виявлено, що модернізація процесів податкового департаменту за участю інновацій та інформаційних технологій, розвитку безпосередньо електронного оподаткування передусім спрямована на підвищення ефективності ДПС.

Протягом трьох років Україна переживає досить радикальну реформу як податкової системи, так і податкової політики зокрема. Податкова політика — це поєднання форм і методів оподаткування як держави, так і платників податків. Якщо реформа податкової системи здійснюється шляхом зміни ставок оподаткування, розширення бази оподаткування, скасування деяких податків і запровадження інших податків, то реформування податкової політики змінить форми і методи держави у сфері оподаткування. Одним з елементів, які держава постійно намагається змінити, щоб виконати податкову дисципліну з боку платників податків, є форма подання податкових звітів. Це більше стосується подання електронної податкової звітності.

Про важливість досліджень у цій галузі свідчить швидкий розвиток інформаційної економіки, яка враховує потенціал інформаційних технологій. Тож актуальність цього питання не викликає сумнівів, оскільки використання інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) у державному секторі створює нові механізми в контексті побудови ефективного, відповідального, підзвітного та прозорого державного управління.

Слід зазначити, що модернізація державної податкової служби у сфері автоматизації процесів податкового адміністрування, інформатизації та розвитку інформаційної інфраструктури не була предметом окремого наукового дослідження.

Formulation of the problem. One of the leading directions of development of the state tax administration in the process of modernization of the national tax service is the application of new mechanisms of management in the tax area. The development of this direction takes place using the achievements of the IT sphere.

Actuality of theme. The importance of research in this area is evidenced by the rapid development of the information economy, which considers the potential of information technology. Especially the modernization of information and communication technologies (hereinafter — ICT) by government structures is now over on the way of democratization of public administration. On this occasion, there is no doubt as to the relevance of this the question is, because the use of ICT in the public sector produces creation of new mechanisms in the context of building effective responsible, accountable and transparent public administration.

Analysis of research and publications. At present, the tax service of the country is an important part of the system of public authority, therefore its level of work indicates the level of domestic state administration. The basis for forming a positive image and respectful recognition of the tax service in the society is the continuous modernization and effective operation of the agency. Therefore, in the center of scientific research should be a scientific and applied problem of modernization of the state tax service (hereinafter — DPS) of Ukraine. Research on the modernization of the tax service of Ukraine is devoted to the fundamental scientific works of famous scientists, such as: V. Andrushchenko, Z. Varnaliy, P. Melnik, S. Rippi, L. Taragul. Some aspects of the modernization of the tax department with the use of information and communication technologies (hereinafter — ICT) were reflected in works by O. Voronkova, V. Zhuravsky, V. Kovaly, T. Daragul, L. Solovyova.

Unresolved issues. Due to the consequences of the carried research, it should be noted that the modernization of the state tax service in the area of automation of the processes of tax administration, informatization and development of the information infrastructure was not the subject of a separate scientific study.

The purpose of the study is to analyze the stages of modernization of the STS of Ukraine in the context of the development of electronic taxation.

Presenting main material. In the process of development of STS of Ukraine, at all stages of modernization and for the present time, informatization is a priority direction of development of the department. It is precisely the application of the potential of the ICT sector in public administration of taxation, which primarily promotes transparency and openness of the activity of state institutions, increase their efficiency of activities, qualitative provision of various information services to the population, the formation of electronic relations between taxpayers and tax authorities. Alongside with this, in the process of modernization of the State Tax Service, the development of the components of electronic taxation, the activation of which is related to the entry into force of the Tax Code of Ukraine in 2011, is gradually being developed.

The category concept of electronic taxation for the first time in Ukraine was started by scientists of the research institute of the National University of State Tax Service of Ukraine. The problems of the development of this area, as we have already mentioned, were studied by scientists: O. Dolgy, P. Melnyk, A. Novitsky, L. Taragul, S. Rippa. The analysis of the works shows that this direction is investigated in part. Taking into account that the development of the information society in Ukraine produces systemic changes in public management, electronic taxation is considered as a modern mechanism of public administration in the field of taxes, which is formed in the information economy in conjunction with e-government and is a component of the information society of the country.

Electronic taxation should be considered more widely: taking into account the automation of internal functions of the DPS and external: work with payers, interagency and interstate communications. Therefore, we propose the definition of the concept of “electronic taxation” itself — this is a form of organization of the state tax administration, in which automation of internal functions takes place, and the external interaction of state tax bodies with the participants of the information society: citizens, business, state bodies and international cooperation on tax matters are carried out with the help of information and communication technologies and the Internet.

Thus, research into the processes of modernization of the DPS is carried out in accordance with the categorical and conceptual apparatus of electronic taxation and its components.

In the process of formation of the State Tax Service of the country (hereinafter — DPS) since its formation in 1990, the department changed its organizational structure (Table 1). During the period of structural changes and reorganizations one of the main problematic issues remained: the imperfection of tax legislation and the information system of the bodies of State Tax Administration of Ukraine.

Table 1. Stages of formation and development of STS of Ukraine

Stages	Years	Central body of the STS of Ukraine
I	1990—1996	State tax inspection in stock Ministry of Finance of Ukraine
II	1996—2010	State Tax Administration of Ukraine as a central executive body
III	2010—1012	State Tax Service of Ukraine
IV	2012—2014	Ministry of Income and Collections of Ukraine
V	2014 — until now	State Fiscal Service of Ukraine

Since 1997, the tax service has been looking for the most effective mechanisms of state tax management necessary to improve the work of the bodies of DPS, which will lead to radical changes in relations between the tax authorities of the country and society. It was at this time that there was a need for radical modernization of the bodies of the State Tax Administration of Ukraine, which would result in the formation of a tax service that would facilitate the stable flow of taxes to the budgets of all levels, the development of private business, the creation of a favorable investment climate, and the implementation of tax legislation.

Modernization in general is recognized by specialists as one of the fundamental problems of social development and is associated with the transition from less organized to more perfect forms. The reference literature treats modernization as a process of changing, updating or improving according to modern requirements, as one of the directions of intensifying intensive development and increasing efficiency.

The modernization concept is based on the majority of modern reform processes that apply to all aspects of socio-economic life of society and government policy in particular. Not an exception to this and the reform processes associated with the development and improvement of the state tax service.

In accordance with the time requirements in 1998, the decision on the preparation and implementation of the State Tax Service Modernization Program of Ukraine was over. During the next five years, the preparatory period for the development of the STS Modernization Program was under way. The preparatory stage of reforming the tax system of the country began with the creation of a working group on the modernization of the STS of Ukraine, the development of the Concept of Development.

The following stages identified the Strategic Directions for the Development of the Department, developed the Modernization Projects. Previous work on modernization of the tax office began in 1997, some measures were implemented during 2001—2003 (Table 2).

Table 2. Actions taken in the direction of reforming the STS of Ukraine during 2001—2003

Year	Preparatory stages of modernization
1997	Creation of a working group on modernization of the STS of Ukraine. (Beginning of the development of the Concept of Development of STS of Ukraine)
1998	Formation of the Administrative Council and the Working Group on the development and implementation of the modernization project (Strategic directions of development of the STS of Ukraine are defined, the Concept of development of STS of Ukraine is developed)
1999	Creation of the Department of Development and Modernization of the State Tax Administration. Development: - the project of modernization of the STS of Ukraine; - plan for the implementation of the STS modernization project; - project of creation of inspection for work with large taxpayers; - a project to improve the process of compulsory collection of tax arrears.
2000	Establishment of the Department of Development and modernization of the DPS.
2001	1. Establishment of an Inner Advisory Group on Implementation Modernization programs at the central, oblast and district levels. 2. Approval of the Strategic Plan for the Development of the STS of Ukraine for 2002—2004
2002	1. Created by the Public Collegium under the STA of Ukraine. 2. Ukraine's appeal to the International Bank for Reconstruction and Development with a request to provide support in the form of two loans.
2003	1. Signing of the Loan Agreement (project "Modernization of the State Tax Service-1") between Ukraine and the International Bank for Reconstruction and Development. 2. Adoption of the Law of Ukraine "On Ratification of the Loan Agreement" (project "Modernization of the State Tax Service-1") between Ukraine and the International Bank for Reconstruction and Development.

The aim of the modernization project was to increase the level of voluntary compliance with tax legislation requirements taxpayers, establishing partnerships between the bodies of State Tax Service of Ukraine with taxpayers, introduction of standardized and transparent forms and methods of servicing payers, automation of tax administration processes.

The main directions of the Strategic Plan for the Development of the Tax Service of the country were as follows:

- provision of conditions for voluntary compliance with tax legislation by taxpayers and ensuring full and timely receipt of legally established taxes and dues (mandatory payments) in Ukraine;
- ensuring transparency, competence, predictability and impartiality of the tax service activity;
- creation of highly professional, informational state tax service in Ukraine by developing and implementing an information infrastructure development program.

One of the main issues of modernization was highlighted — automation of tax administration processes through the creation of an integrated information system. As a result of the modernization of the STS, it was envisaged to create a new model of public administration of taxation, transforming the existing service into a highly effective state authority with the use of IT technology achievements.

The Government decided to modernize the STS — the first phase of the project (hereinafter — the Project) "Modernization of the State Tax Service of Ukraine — 1"

to be implemented with the attraction of loans from the International Bank for Reconstruction and Development. The project's control over the implementation of the project was entrusted to independent bodies: the Project Steering Board, the Interdepartmental Working Group on Coordination and Control over the implementation of the Project, and the Public Collegium under the STA of Ukraine.

An assessment of the results of the modernization was carried out through an all-Ukrainian poll of taxpayers with the involvement of an independent organization — GFK UKRAINE. The implementation of the “Modernization of the STS of Ukraine — 1” project lasted 12 years: preparation for the project — 3.5 years (2000—2003 years) and the project itself — 8.5 years (2004—2012).

A new stage in the development of the STS of Ukraine began in 2012, during which the philosophy of the tax service of Ukraine changes — its transformation from the fiscal authority to the service.

The following services are being implemented:

- new principles, namely: contactless provision of services to citizens;
- new approaches, in particular, the focus on “tax incentives for business development”;
- new forms of tax communication.

The following component of electronic taxation is actively developing — electronic service. A number of normative acts that have been adopted over the past three years have legalized the electronic format of the relationship between taxpayers and tax authorities in real time using an electronic digital signature.

The practical realization of service functions of tax authorities is carried out through the departmental web-portal. The website of the department contains 27 web pages of regional subdivisions. Such integration has created for taxpayers the opportunity to get the maximum of information and services with one single link on the network.

The separation of large taxpayers into a separate category, the creation of specialized state tax inspectorates (hereinafter — SSPI) for their service, was launched in 2000 in accordance with the State Program of Modernization of Ukraine.

The main purpose of creating WFP inspections is to ensure timely receipt of declared tax obligations, reduction of tax debt and expansion of the tax base by attracting funds from the shadow sector of the economy to the budget, and achieving partnerships with large taxpayers.

Conclusions

The conducted research allows us to give conclusions about the modernization of the DPS in the context of the development of electronic taxation and to describe its results, namely:

- information systems “Tax block” and “Document management” are implemented;
- The “Public Information Resource” of the Information and Reference Department of the State Tax Administration, which provides unified advisory services to taxpayers throughout the country, was put into operation;
- a single web-portal of DFS of Ukraine was created;
- the range of electronic services for taxpayers has been introduced;
- automated system “Single window of submission of electronic reporting” was introduced;
- the e-taxpayer has been developed and phased in;

- the model of remote tax support of large taxpayers through the Central Bank was presented office for servicing payers of this category;
- work on implementation of the system of electronic administration of value added tax has begun.

It should also be added that due to the modernization of the DPS information system, its integration has been achieved:

- eliminating duplication of data;
- consistency of data;
- the principle of one-time data input;
- optimization of storage of data (structure, composition, characteristics);
- the possibility of standardization (simplification of exchange, control and data recovery);
- security of collective data use (data protection from unauthorized access).

It should be added that the implementation of the “Tax Block” system, which is the fundamental basis of electronic taxation, provides centralization of databases; simplifies procedures performed by the tax authorities; enhances the effectiveness of employees of the DPS.

Ultimately, it should be noted that the modernization processes of the tax department with the participation of innovations and information technology, the development of the direction of electronic taxation, primarily aimed at increasing the effectiveness of the DPS, the transformation of the controller in the service a body with a modern spectrum of on-line services and the formation of a modern national tax service in accordance with European standards.

Areas of further research. Prospects for further research are the in-depth study and development of specific proposals for the development of electronic taxation in Ukraine and require a more general study of the achievements of foreign science and foreign practical experience in this field.

References

1. Концепція створення електронного сервісу «Електронний кабінет платника податків»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 грудня 2012 року № 1007-р. [Електронний ресурс]: Верховна Рада України. Законодавство України. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1007-2012-%D1%80>.
2. Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо удосконалення адміністрування податку на додану вартість: Закон України від 16 липня 2015 року № 643-VIII. [Електронний ресурс]: Верховна Рада України. Законодавство України. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/643-19>.
3. Податковий кодекс України: Закон України від 23 грудня 2010 року № 2856-VI із змінами і доповненнями. К.: ДПС України, 2014. 336 с.
4. Коваль В. Ф., Теремецький В. І. Основні напрями модернізації взаємодії структурних підрозділів ДПС в інформаційній сфері. *Вісник Вищої ради юстиції*. 2012. № 2(10). С. 142—157.
5. Інформаційні технології як фактор суспільних перетворень в Україні: зб. аналіт. доп. / за ред. Д. В. Дубова. К.: НІСД, 2011. 96 с.

USE OF THE KAIZEN CONCEPT AT THE FOOD ENTERPRISE

O. Melnyk, N. Kazymirchuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Kaizen
Food industry
Quality products
Improvement
Management system*

Article history:

Received 10.12.2019
Received in revised form
27.12.2019
Accepted 09.01.2020

Corresponding author:

O. Melnyk
E-mail:
ksaname@gmail.com

ABSTRACT

In modern changing world and in the conditions of intense competition, food companies have to master different management strategies that will ensure the production of qualitative and safe products. One such strategy is the Kaizen concept.

It helps to solve problems that exist at the factory, reaching the reasons of their occurrence, carrying out a constant analysis of the results of the taken measures and planning the next steps gradually, through the following steps:

- reducing costs by continuously improving the efficiency of production and enterprise management;
- organization of work, the purpose of which is to achieve the highest possible order in the workplace for optimal productivity and efficiency of each individual employee;
- quality control that ensures high quality products and the most optimal productivity within the company;
- standardization, which includes discipline and continuous training of employees, and allows to maintain a high level of efficiency of production and organizational processes, as well as high quality of goods and services.

Kaizen's task is to create effective communication between all employees, that is, to establish continuous communication to justify problems, solve them and develop solutions that will help to influence production.

Today, kaizen is considered to be a common term for a number of management technologies: quality circles, innovative proposals, zero defects, just-in-time system, labor discipline, product development, lean production and more.

The concept is not based on fundamental changes in technology and production, it aims to change and refine the thinking process of employees, taking everything gradually and in small steps, analyzing the result and making plans for the future improvement.

ЗАСТОСУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ КАЙЗЕН НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О. П. Мельник, Н. М. Казимірчик

Національний університет харчових технологій

Покращуйте кожен процес. Постійно шукайте проблеми. У проблемах міститься можливість для поліпшення, і, якщо ви не знайдете проблеми, то проблеми знайдуть вас...

Е. Демінг

У сучасному мінливому світі та в умовах гострої конкуренції підприємствам харчової промисловості доводиться освоювати різні стратегії управління, які забезпечать виготовлення якісної та безпечної продукції. Однією з таких стратегій є концепція кайзен, яка допомагає вирішувати проблеми, що існують на підприємстві, визначати причини їх виникнення, здійснювати постійний аналіз результатів вжитих заходів і планувати подальші дії поступово завдяки таким крокам:

- скорочення витрат за рахунок безперервного підвищення ефективності роботи на виробництві та в управлінні підприємством;
- організація роботи, метою якої є досягнення максимально можливого порядку на робочому місці, що дає змогу забезпечити оптимальну продуктивність і ефективність кожного окремого співробітника;
- контроль якості, що забезпечує високу якість продукції і найбільш оптимальну продуктивність праці в рамках всієї компанії;
- стандартизація, що включає дисципліну та безперервне навчання співробітників і дає змогу підтримувати високий рівень ефективності виробничих та організаційних процесів, а також високу якість вироблених товарів і послуг.

Завдання кайзен — створення ефективної комунікації між усіма працівниками, тобто налагодження безперервного зв'язку для обґрунтування проблем, їх вирішення і розробки рішень, що допоможуть вплинути на виробництво.

Сьогодні вважається, що кайзен є загальним терміном для цілого ряду управлінських технологій: гуртки якості, система інноваційних пропозицій, система «нуль дефектів», система «вчасно», трудова дисципліна, розвиток продукту, бережливе виробництво тощо.

Концепція не ґрунтується на фундаментальних змінах у технологіях і виробництві, спрямована на зміну й удосконалення процесу мислення працівників, виконуючи все поступово і маленькими кроками, аналізуючи отриманий результат і будуючи плани на майбутнє для покращення.

Ключові слова: кайзен, харчова промисловість, якісна продукція, поліпшення, система менеджменту.

Постановка проблеми. Харчування суттєво впливає на стан здоров'я, працездатність і тривалість життя людини. Щодня наше тіло потребує великої кількості необхідних речовин, що забезпечують необхідний стан організму. Деякі з них виробляються в організмі і знаходяться у безперервному потоці обміну, а інші можуть надходити всередину лише з їжею, яку ми вживаємо. Для цього необхідно споживати страви і напої з відмінною якістю, свіжі, безпечні та без штучних добавок.

Якість харчових продуктів — комплексне поняття, що стосується всіх учасників суспільного виробництва. Для виробників харчових продуктів якість — вирішальний фактор забезпечення конкурентоспроможності і виходу на нові ринки збуту. Саме заради успішної взаємодії зі споживачами відбуваються зрушення на підприємстві, оскільки конкурентне середовище диктує: простіше, краще, швидше і дешевше, змушуючи удосконалювати бізнес-процеси, скорочуючи час виробництва тощо. Для споживачів підвищення якості — це найбільш дієвий захід для задоволення своїх потреб, для органів влади — забезпечення якості харчових продуктів є одним із пріоритетних державних завдань [1; 2].

Поняття «якість», зазвичай, асоціюється з якістю продукції, тому на багатьох підприємствах харчової промисловості запроваджена система менеджменту якості, що опирається на стандарти серії ISO 9000 тощо.

Проте основну увагу необхідно приділяти працівникові. Компанія, що здатна «вбудувати» якість у своїх працівників, вже пройшла половину шляху до виробництва якісної продукції. Підвищити якість харчового продукту — означає сформувати у працівників підприємства кайзен-мислення [3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання систем менеджменту якості на сьогодні залишаються предметом дослідження багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців, таких як Р. А. Бичківський, О. І. Момот, М. І. Шаповал тощо. Проте вирішальний вплив на сучасну теорію і практику підвищення якості мали дослідження таких всесвітньо відомих спеціалістів, як К. Ісікава, Т. Тагуті, Ф. Кросбі, Дж. Друран, І. Масаакі, Е. Демінг та ін.

Незважаючи на велику кількість публікацій з питань якості, проблеми застосування й удосконалення діючих на підприємствах систем менеджменту якості й досі не вирішені до кінця. Це спонукає до подальшого дослідження у цій сфері [5].

Мета статті: показати переваги застосування концепції кайзен на підприємствах харчової промисловості, що дає змогу спростити роботу, уникнути незручних операцій, постійно підвищувати продуктивність праці, скорочувати час і затрати на виробництво та покращувати якість харчового продукту.

Викладення основного матеріалу дослідження. Історія кайзен почалася після Другої світової війни, коли компанія «Toyota» вперше впровадила цикл якості у виробничий процес. Японська філософія менеджменту кайзен — новий напрямок в удосконаленні процесів виробництва та допоміжних бізнес-процесів, що дає змогу організації покращити всі функції підприємства і максимально усунути втрати [3].

Основу управління кайзен утворюють дві головні функції: підтримання та удосконалення. Підтримання — це дії, спрямовані на забезпечення наявних технологічних, організаційних та операційних стандартів за рахунок навчання співробітників і трудової дисципліни. Удосконалення — заходи щодо поліпшення існуючих стандартів діяльності підприємств.

У системі кайзен існує 10 основних принципів, яких необхідно дотримуватись при запровадженні на підприємстві: покращувати кожен процес поступово, відкрито обговорювати проблеми, позбавлятися від зайвих витрат, приймати ідеї від співробітників, виправляти те, що не працює, бути економним, фокусуватися на клієнтах, створювати робочі команди, стандартизувати, робити висновки, спираючись на факти.

У центрі філософії кайзен завжди перебуває людина. Вона є основною рушійною силою змін і водночас найпотужнішим гальмом у ситуації, коли чинить супротив цим змінам. Якщо працівники відчують захист, знають, що до їхньої думки дослухаються, що їхня слушна пропозиція уважно вивчається і прораховується, у тому числі керівництвом вищого рівня, та винагороджується матеріально у разі її впровадження в життя й отримання від цього впровадження відчутного економічного ефекту в межах цілого підприємства; вони почуваються стабільно, зосереджуючись на поставлених цілях, вивільняють власний потенціал [6].

Невід'ємною частиною удосконалення процесів на підприємстві є командна робота. Її формування має ґрунтуватися на принципах, що дають змогу всім співробітникам підрозділів, у тій чи іншій мірі впливати на якість виробленої продукції. Як приклад, можна навести діяльність т. з. робочих команд, що складаються з п'яти-семи робітників із різних підрозділів (відділ закупівель, логістики, транспорту, економіки, відділ контролю якості, відділ енергетики тощо). Команда обирає певне виробниче відділення і періодично збирається, щоб обговорити підвищення ефективності його роботи, наприклад, скоротити час переналадки технологічної лінії. Найпростіше рішення — закріпити деталь у певному визначеному місці, що прискорює процес переналадки на декілька хвилин. Робітники, що входять у команду, можуть подивитися на процес «зі сторони», підказати колегам, що і як можна зробити краще.

І найголовніше, члени команди набувають досвіду пошуку і вирішення проблем, комунікації (недостатньо тільки запропонувати ефективне рішення, необхідно переконати співробітників цього відділення його прийняти) та управління (необхідно прослідкувати, щоб запропоноване рішення впровадили, й оцінити його ефективність). Результати діяльності командної роботи можуть досить швидко і ефективно покращувати репутацію підприємства, яке прямим чином відображається на добробуті всіх співробітників.

При запровадженні на підприємстві концепції кайзен головне — інформувати працівника про будь-які зміни, що охоплюють різні напрями: продукція/нова продукція; сировина, інгредієнти та послуги; виробничі системи та обладнання; виробничі приміщення, розміщення обладнання, умови навколишнього середовища; програми очищення та санітарної обробки; упаковка і зберігання; рівень професійної кваліфікації або розподіл обов'язків і повноважень; нормативні та

законодавчі вимоги; відомості про харчові небезпеки і заходи контролю; вимоги, яких дотримується підприємство щодо якості та безпечності харчових продуктів; претензії, які вказують на ризики, пов'язані з продукцією; умови, які можуть вплинути на якість і безпечність харчових продуктів.

Не менш важливим є постійне навчання персоналу принципам роботи з обладнанням, санітарним нормам і вимогам (що дуже важливо для харчового підприємства), питанням охорони праці і техніки безпеки тощо. Також дуже корисна і важлива візуалізація. Як приклад, можна навести розміщення інструментів та обладнання, які використовуються у технологічному процесі виробництва харчових продуктів (рис.) [6].

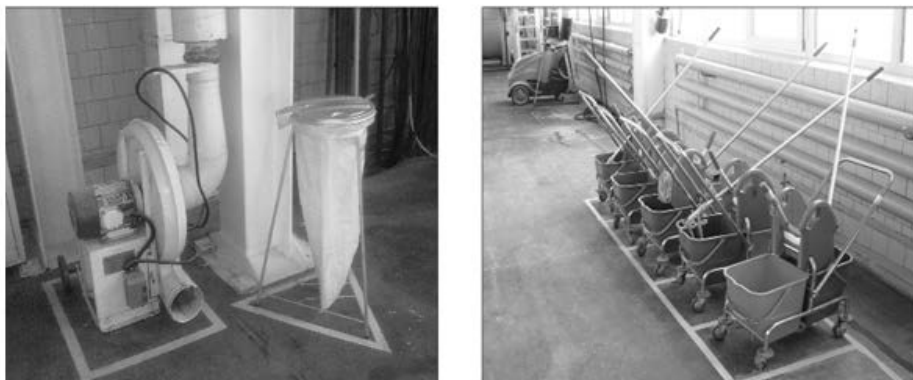


Рис. Приклади візуалізації

Дисципліна на підприємстві, особиста відповідальність кожного співробітника забезпечує згуртованість колективу. Будь-який процес, який здійснюється персоналом, зайнятим у безпосередньому виробництві (наприклад, фасувальник, пакувальник, оператор, транспортувальник тощо), повинен бути поставлений на постійне удосконалення й усвідомлення, що відповідальність за якість виробленого харчового продукту лежить безпосередньо на ньому.

Ще одним із інструментів кайзен, що орієнтує працівників на зміни, є впровадження системи «5-S» — методу організації робочого простору, мета якого — створення оптимальних умов для виконання операцій, підтримання порядку, чистоти, акуратності, економії часу та енергії. Назва походить від п'яти японських слів: *sei* (сортування) — чітке розділення всіх інструментів, предметів і паперів на потрібні і непотрібні, та позбавлення від непотрібних; *seiton* (систематизація) — усі необхідні речі потрібно тримати в порядку, щоб вони були готові до використання у разі потреби («легко взяти, легко використати, легко покласти на місце»); *seiso* (санітарія) — підтримка обладнання і машин у чистоті; *seiketsu* (стандартизація) — поширення поняття чистоти на особу працівника і постійне дотримання попередніх кроків, *shitsuke* (дисципліна) [3; 4].

Упровадження концепції кайзен на підприємстві повинно бути окремим проектом — зі своїм бюджетом, чіткими цілями, з планом-графіком, контрольними показниками та аналізом даних. Підприємство має демонструвати результати, доводячи їх до кожного співробітника з метою встановлення ефективних

заходів щодо усунення невідповідностей у планах на наступний період і залучення персоналу. Будь-які вжиті заходи повинні бути заплановані, впроваджені і перевірені їх ефективність.

В Україні такі провідні компанії, як «Кока-Кола Беверіджиз Україна Лімітед», «Nestle», «Lantmannen AXA», «Carlsberg», «Теремно Хліб», «Сандора», «МХП, агроіндустріальний холдинг», «Елопак» та ін. запровадили принципи управління кайзен і довели, що кайзен — це шлях до успіху, тож його необхідно впроваджувати на виробництві для виготовлення якісної і безпечної продукції.

Висновки

Впровадження концепції кайзен — це довгостроковий проект, який, на відміну від масштабних інновацій, характеризується невисоким ризиком і забезпечує поступальний прогрес. Це здатність забезпечити суттєвий приріст продуктивності праці при мінімальних матеріальних і фінансових затратах.

Література

1. Панченко М. О., Бровкова О. Г. Методика впровадження системи менеджменту якості на підприємстві. *Інноваційна економіка*. 2014. № 6. С. 224—227.
2. Момот О. І. Менеджмент якості та елементи системи якості. К.: Центр учбової літератури, 2007. 368 с.
3. Масааки Имаи. Кайдзен: ключ к успеху японских компаний. М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. 274 с.
4. Р. Маурер. Шаг за шагом к достижению цели. Метод кайзен. М: Альпина паблишер, 2016. 192 с.
5. Задольський А. М., Бердичевська М. В. Сучасна концепція вдосконалення систем менеджменту якості на промислових підприємствах в умовах глобалізації ринку. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. 2018. № 15. С. 279—290.
6. Пискун Е. Японская практика управления на украинском производстве. *Менеджер по персоналу*. 2014. № 2. С. 18—31.

THE ROLE OF STOCK EXCHANGES IN THE
DEVELOPMENT OF THE ECONOMY OF UKRAINE

S. Esh, A. Honcharenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Stock Exchange
Stock market
Stock market instruments
Securities
Principles and functions
of stock exchange*

Article history:

Received 02.12.2019
Received in revised form
16.12.2019
Accepted 08.01.2020

Corresponding author:

S. Esh
E-mail:
esh2009@ukr.net

ABSTRACT

In development of economy of Ukraine an important place belongs to the stock market that during the last years did a noticeable step forward in the development, that testifies to his important role in reformation of economy. Sustainable development of the stock market helps to attract foreign investment, strengthens public confidence in securities. Stock Exchanges as basic institutes of stock market are considered in the article, the basic requirements that touch their activity are certain. The relationship of stock exchanges with such institutions of the exchange market as clearing institutions, national depositories, banks are determined. Principles and functions that ground the role of stock exchanges in development of economy of country are described. A comparative description of the activities of stock exchanges that operate at the organized stock market of the country is pointed. The basic instruments of stock exchanges are analysed, an estimation is given to the methods of their use. The most common financial assets are government bonds, stocks and investment certificates. In the article researches are conducted with the use of different methods and approaches that help to attain aims. Comparison methods and statistical methods help to study the dynamics and structure of financial instruments; the generalization method is used to determine the results of work. In modern conditions of development for stock exchanges, the issue of their integration into the international stock market is relevant. Some steps in this direction have already been taken by the stock exchanges. The PFTS Stock Exchange is a member of the International Federation of Stock Exchanges, has its own PFTS Index, which in 2018, according to the data of the Refinitiv agency, became one of the most successful indicators in the world.

The effective functioning of stock exchanges helps to increase the level of investment attractiveness not only of the stock market, but also of the financial market in general, therefore, research on stock exchanges emphasizes their importance in the development of the Ukrainian economy.

РОЛЬ ФОНДОВИХ БІРЖ У РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

С. М. Еш, А. С. Гончаренко

Національний університет харчових технологій

У розвитку економіки України важливе місце належить фондовому ринку, який в останні роки зробив помітний крок вперед у своєму розвитку, що свідчить про його важливу роль у реформуванні економіки. Стабільний розвиток фондового ринку сприяє залученню іноземних інвестицій, зміцнює довіру населення до цінних паперів.

У статті розглянуто фондові біржі як основні інститути фондового ринку, визначено основні вимоги, що стосуються їх діяльності. Встановлено зв'язок фондових бірж з такими інститутами біржового ринку, як клірингові установи, національний депозитарій і банки. Охарактеризовано принципи та функції, які обґрунтовують роль фондових бірж у розвитку економіки країни. Зроблено порівняльну характеристику діяльності фондових бірж, які працюють на організованому фондовому ринку країни.

Проведено аналіз основних інструментів фондових бірж, оцінено методи їх використання. З'ясовано, що найпоширенішими фінансовими активами є державні облигації, акції та інвестиційні сертифікати.

Завдяки застосуванню методів порівняння і статистичних методів досліджено динаміку і структуру фінансових інструментів, метод узагальнення використано при визначенні результатів роботи. З'ясовано, що в нинішніх умовах розвитку для фондових бірж актуальним є питання їх інтеграції у міжнародний фондовий ринок. Деякі кроки вітчизняними біржами вже зроблені. Фондова біржа ПФТС є членом Міжнародної федерації фондових бірж, має свій індекс, який у 2018 р. згідно з даними агентства Refinitiv, став одним із найуспішніших показників у світі.

Ефективне функціонування фондових бірж сприяє підвищенню рівня інвестиційної привабливості не тільки фондового ринку, а й фінансового взагалі, тому дослідження фондових бірж є важливим для розвитку економіки України.

Ключові слова: фондові біржі, фондовий ринок, інструменти фондового ринку, цінні папери, принципи і функції фондової біржі.

Постановка проблеми. Основними професійними учасниками фондового ринку є фондові біржі. У сучасних умовах господарювання згідно з ринковими правилами фондові біржі є складовою фінансового ринкового механізму, що забезпечує конкурентне ціноутворення на основні види цінних паперів. Нині фондові біржі є фінансовими інститутами, які регулюють порядок допуску фінансових активів до котирування, до участі в торгах, є місцем для укладання і виконання угод, що забезпечує формування та здійснення перерозподілу інвестиційних ресурсів у межах економічної системи країни. Фондові біржі є некомерційними ринковими структурами, спеціалізованими установами, які створюють умови для постійно діючої централізованої торгівлі цінними паперами,

золотом, валютою. Створення й ефективне функціонування фондових бірж характеризує зрілість фінансово-економічних відносин, що формуються на фондовому ринку та забезпечують їх розвиток. Можливість залучати і розподіляти вільний інвестиційний капітал, який виступає переважно у формі цінних паперів і валюти, забезпечується саме через механізм функціонування фондових бірж. З кожним роком фондовий ринок і його учасники удосконалюються, інтегруються в міжнародний фондовий ринок, що веде до трансформаційних змін у діяльності фондових бірж, тому їх дослідження є актуальним і своєчасним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фондові біржі є новими для фінансової системи держави та економіки в цілому. Ефективна діяльність фондових бірж забезпечує зростання ВВП країни, тому їх діяльність стає важливим об'єктом для дослідження вченими-економістами. Вплив фондових бірж на розвиток економіки досліджується в працях таких зарубіжних вчених-економістів, як І. Гісан, Л. Роберт, Р. Глен Габбард та ін. Проблеми ефективності розвитку біржового ринку висвітлені в працях таких вітчизняних науковців, як: Р. М. Безус, Н. В. Рощина, М. О. Бурмака, С. В. Захарін, К. С. Калинець, М. В. Козоріз, А. В. Калина, Р. Т. Мацьків, І. Г. Пахомова, О. Л. Пластун та ін.

Мета дослідження: дослідити особливості функціонування вітчизняних фондових бірж, визначити їх роль у розвитку фондового ринку та заходи впливу на розвиток економіки країни; провести порівняльний аналіз діяльності бірж, які діють на вітчизняному ринку; охарактеризувати фінансові інструменти, як базові активи угод.

Викладення основних результатів дослідження. У розвитку кожної країни особливим етапом є становлення фондового ринку як важливого елемента фінансово-економічної системи країни. Основними інструментами фондового ринку є цінні папери, які формують відносини спільного володіння, а також фінансово-кредитні. Організаційно-оформленою установою, яка досліджує попит і пропозицію на цінні папери, надає місце для їх первинного розміщення та вторинного обігу, є фондова біржа. Саме фондова біржа створює організаційні умови для укладання договорів купівлі-продажу цінних паперів та інших фінансових інструментів і забезпечує контроль за їх виконанням. Організаційні умови для укладання договорів формуються за допомогою біржових торгів — організованого подання учасниками торгів заявок на купівлю-продаж цінних паперів [1].

Основною функцією фондової біржі є встановлення правил, які затверджуються біржовою радою і складаються з порядку: організації та проведення біржових торгів; лістингу та делістингу цінних паперів; взаємодії з НБУ, центральним депозитарієм, кліринговою установою; допуску членів до торгів; котирування цінних паперів; розкриття інформації про діяльність фондової біржі та її оприлюднення тощо [2].

Крім того, фондова біржа здійснює функції, які пов'язані з розвитком економіки на мікрорівні — забезпечення ліквідності цінних паперів і макрорівні — поглиблення та удосконалення соціально-економічних процесів в суспільстві. Усі визначені функції фондової біржі можна об'єднати у три групи: посередницьку, індикативну і регулятивну. Посередницька функція об'єднує учасників біржових торгів і створює умови для торгівлі цінними паперами. За допомогою індикативної функції здійснюється котирування, результатом якого є оцінка

вартості та привабливості цінних паперів. Саме котирування створює передумови для надійного та достовірного механізму торгівлі фінансовими активами і є важливим чинником стимулювання ефективної діяльності емітентів. Регулятивна функція встановлює вимоги до емітентів, які пропонують свої цінні папери для біржових торгів, формує механізм фінансового контролінгу за діяльністю учасників торгів, встановлює правила укладання та виконання угод.

Крім функцій, у своїй діяльності фондові біржі керуються принципами, які тісно пов'язані з функціями і затверджені в Концепції функціонування та розвитку фондового ринку України [3]. Концепція була прийнята з метою становлення цілісного, високоліквідного, ефективного і справедливого ринку цінних паперів, регульованого державою та інтегрованого у світові фондові ринки. Для того, щоб фондові біржі України стали ефективним механізмом обігу цінних паперів, сприяли економічному розвитку та забезпечували належні умови для інвестицій, їх функціонування повинно будуватися на таких принципах як [3]:

- соціальна справедливість — забезпечує рівні можливості для усіх учасників торгів;

- надійність захисту інвесторів — створює необхідні умови для реалізації інтересів учасників торгів і забезпечення захисту їх майнових прав;

- регульованість і контрольованість — єдиним регулюючим органом фондової біржі є Національна комісія з цінних паперів і фондового ринку (НКЦПФР), яка формує гнучку і ефективну систему регулювання усіма процесами, що здійснюються на фондових біржах країни;

- прозорість і відкритість — забезпечує учасників торгів необхідною інформацією про торговців цінними паперами, які допущені до укладання угод; про емітентів та їх цінні папери, що допускаються до лістингу, про ринкові ціни та курси на них.

Одним із показників, який визначає роль фондових бірж у розвитку економіки, є обсяг торгів цінними паперами (ЦП) і порівняння їх з ВВП (табл. 1).

Таблиця 1. Аналіз порівняльних даних торгів на ринку цінних паперів і ВВП, млрд грн

Показник	2016	2017	2018	Відхилення			
				2018/2016		2018/2017	
				абсол.	%	абсол.	%
Обсяги торгів ЦП	2127,56	468,69	590,58	-1536,98	-72,24	121,89	26,01
ВВП	2385,37	2982,92	3558,71	1173,34	49,19	575,79	19,30
Частка обсягів торгів ЦП у ВВП, %	89,19	15,71	16,59	-72,6	—	0,88	—
Обсяги торгів ЦП на біржовому ринку	235,41	205,79	260,87	25,47	10,82	55,08	26,77
Обсяги торгів ЦП на позабіржовому ринку	1892,15	262,9	329,71	-1562,44	-82,57	66,81	25,41
Частка торгів ЦП на біржовому ринку, %	11,06	43,91	44,17	33,11	—	0,26	—
Частка торгів ЦП на біржовому ринку у ВВП, %	9,87	6,89	7,33	-2,54	—	0,44	—

Примітка: Побудовано авторами за джерелом [4].

Дані аналізу (табл. 1) свідчать про зростання ВВП протягом трьох останніх років, але зростання обсягів торгів як у загальному, так і конкретно на біржовому і позабіржовому ринках спостерігаємо тільки протягом 2017 і 2018 років. За підсумками 2017 р. порівняно з 2016 р. торгівля цінними паперами зменшилася на 1658,87 млрд грн, що пов'язано із вилученням з 2017 р. із розрахунків обсягів торгів цінними паперами депозитних сертифікатів, сума торгів якими у 2016 р. становила 1153,15 млрд грн [6, с. 664].

Аналіз загальних обсягів торгів цінними паперами показує зростання у 2018 р. порівняно з 2017 р. на 121,89 млрд грн, або на 26,01%. У 2018 р. спостерігається активне зростання діяльності фондових бірж. Так, порівняно з показником 2017 р., обсяг біржових контрактів з цінними паперами на організаторах торгівлі у 2018 р. зріс на 26,8% — до 260,87 млрд грн, що становить 7,33% до ВВП.

Аналіз порівняння біржового і позабіржового ринків цінних паперів показує зростання на 55,08 млрд грн операцій з цінними паперами на біржовому ринку (на 26,77%) і на 66,81 млрд грн на позабіржовому (на 25,41%). Активність зростання демонструє позитивну тенденцію обох видів ринків, але все ж частка біржового сегмента в загальних операціях з цінними паперами фондового ринку менша від позабіржового, яка становить у 2017 р. 43,91%, але має тенденцію до зростання у 2018 р. на 0,26% — 44,17% (590,58 млрд грн). Причиною зменшення біржового сегмента на фондовому ринку є відсутність угод з державними облігаціями, які займали значну частку серед фінансових інструментів за обсягами торгів на біржовому ринку. Два сегменти фондового ринку — біржовий і позабіржовий є конкурентами, що забезпечує їм шлях до розвитку. Біржовий ринок здійснюється за чітко визначеними правилами, які встановлюють організатори торгівлі, більше працює з потужними посередниками: банками, КУА, відомими інвестиційними компаніями. Позабіржовий ринок працює з дрібним інвестором, переважно поширений у регіонах, розвивається на основі домовленості, довіри контрагентів один до одного.

Якщо порівнювати обсяги торгів цінними паперами з макроекономічними показниками, то варто відзначити зростання протягом двох останніх років частки біржового ринку у ВВП з 6,89% до 7,33% (збільшення 0,44%), що є позитивним для розвитку фондових бірж і економіки країни в цілому.

Нині в Україні на фондовому ринку працює 10 фондових бірж. У табл. 2 надається аналіз торгів біржами протягом 2016—2018 років.

Таблиця 2. Аналіз обсягів торгів фінансовими активами на фондових біржах України

Організатор торгівлі	2016	2017	2018	Відхилення, абсол.	
	млн грн (пит. вага, %)	млн грн (пит. вага, %)	млн грн (пит. вага, %)	2018/ 2016	2018/ 2017
1	2	3	4	5	6
Перспектива	136057,6 (57,8)	127410,0 (61,9)	127325,0 (48,8)	-8732,6	85,0
ПФТС	93719,2 (39,8)	64337,7 (31,3)	112518,2 (43,1)	18799	48180,5
УБ	3531,0 (1,5)	13412,2 (6,5)	20987,9 (8,1)	17456,9	7575,7
КМФБ	1743,3 (0,7)	81,75 (0,04)	—	—	—
Універсальна	252,1 (0,1)	399,20 (0,2)	—	—	—

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6
СЄФБ	59,1 (0,03)	—	—	—	—
УМВБ	21,7 (0,01)	—	34,9 (0,01)	13,2	—
УФБ	18,9 (0,01)	1,16 (0,001)	—	—	—
ІННЕКС	1,9 (0,0)	145,4 (0,1)	0,49 (0,00)	-1,41	-144,91
УМФБ	—	—	—	—	—
Усього	235405,1 (100)	205787,5 (100)	260866,5 (100)	25461,4	55079

Примітка: Розраховано авторами за джерелом [4].

Проведений у табл. 2 аналіз показує, що найуспішнішими фондовими біржами протягом останніх трьох років є «Перспектива» і Перша фондова торговельна система (ПФТС). Протягом 2018 р. на біржовому ринку лише дві названі фондові біржі відзначилися значними обсягами торгівлі — понад 91,9% вартості біржових контрактів. Фондова біржа «Перспектива» займає найбільшу частку в обсязі торгів, але не має стійкої тенденції до зростання. Протягом 2017 р. порівняно з 2016 р. обсяги торгів зменшилися на 8732,6 млн грн, але уже у 2018 р. біржа демонструє зростання торгів на 85 млн грн. Таке зростання пов'язане з проведенням на біржі аукціонів Фонду державного майна щодо продажу пакетів акцій акціонерних товариств, що належать державі. Сумарний об'єм торгів за підсумками 2019 р. на біржі склав 186,4 млрд грн. Це більше на 59 млрд порівняно з 2018 роком. Біржа протягом 2019 р. уклала 8,96 тис. договорів і кількість активних учасників торгів протягом року становила 53 юридичні особи, серед яких найпотужніші банки України [5].

Біржа «ПФТС» також демонструє позитивні результати торгівлі у 2018 році. Порівняно з 2017 р. спостерігається збільшення об'ємів торгівлі фінансовими активами на 48180,5 млн грн і порівняно з 2016 роком — на 18799 млн грн [4]. Нині біржа «ПФТС» є одним з найбільших організаторів торгівлі на ринку цінних паперів України, має свій індекс ПФТС, який у 2018 р., згідно з даними, отриманими від Refinitiv, став найбільш успішним за своїми показниками у світі. За підсумками 2018 р. (табл. 2) спостерігається перерозподіл обсягів торгів на організаторах торгівлі. Так, питома вага обсягів торгів фондової біржі «Перспектива» у 2018 р. скоротилася на 28,2 процентні пункти і становила 48,8%, при зростанні питомої ваги обсягів торгів ПФТС на 24,6 пункти до 43,1%. За даними звіту НКЦПФР наприкінці 2018 р. найбільшу кількість випусків цінних паперів, які перебувають в обігу на фондових біржах, було розміщено на ПФТС (39,6%), біржі «Перспектива» (32,6%) та Українській біржі (25,5%) [4]. У табл. 3 надано обсяг біржових контрактів з цінними паперами з розподілом за видом фінансового інструменту.

Таблиця 3. Аналіз біржових контрактів з цінними паперами у 2018 році

Вид цінного паперу	Організатори торгівлі						Усього	
	ПФТС		Перспектива		УБ			
	млн грн	%	млн грн	%	млн грн	%	млн грн	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Акції (з КІФ)	373,92	0,34	29,97	0,02	776,66	3,72	1215,95	0,47
Облігації підприємств	3823,79	3,39	4654,02	3,66	1789,21	8,5	10267,01	3,94

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Державні облигації	107377,02	95,43	121777,68	95,6	16578,56	78,9	245733,26	94,2
Облігації місцевих позик	741,40	0,66	0	0	0	0	741,40	0,28
Інвестиційні сертифікати	202,04	0,18	49,30	0,04	4,23	0,02	255,57	0,09
Опціонні сертифікати	0	0	813,44	0,64	0	0	813,44	0,31
Деривативи	0	0	0,13	0,0	1839,2	8,76	1839,36	0,71
Державні деривативи	0	0	0,46	0,0	0	0	0,46	0,0
Усього	112518,17	100,0	127325,0	—	20987,86	100	260866,46	100
Частка біржі в обігу, %	43,13	—	48,8	—	8,05	—	100,0	—

Примітка: Розроблено авторами за джерелом [4].

Аналіз даних табл. 3 показує, що серед бірж у 2018 р. найбільшу активність з укладання контрактів з цінними паперами проявила фондова біржа «Перспектива» (48,8%), сума контрактів якої становить 127325 млн грн. Біржею укладені контракти з усіма видами цінних паперів, що знаходяться на вітчизняному фондовому ринку, крім облигацій місцевих позик. Найбільша частка укладених угод з державними облигаціями на суму 121777,68 млн грн, або 95,6%. Непогані показники щодо укладання угод показує і фондова біржа ПФТС, частка якої в обігу становить 43,13% і яка уклала угод на суму 112518,17 млн грн. Біржа не працювала з деривативами і опціонними сертифікатами, найбільше угод укладено з державними облигаціями на суму 107377,02 млн грн, що становить 95,43% від угод з іншими цінними паперами. Як свідчать дані табл. 3, серед фінансових інструментів за обсягами торгів на біржовому ринку провідну позицію продовжують займати державні облигації України, сума укладених угод з якими становить 245733,26 млн грн, що відповідає 94,2% загального обсягу біржових контрактів на організаторах торгівлі у 2018 році.

Аналіз показує, що на організованому фондовому ринку з цінними паперами працюють в основному тільки дві біржі — «Перспектива» і ПФТС, незначна частка належить Українській біржі, всього 8,08%, якою укладено угод на суму 20987,86 млн грн переважно з державними облигаціями (16578,56 млн грн — 78,9%), облигаціями підприємств (1789,21 млн грн — 8,5%) і акціями (776,66 — 3,72%).

На сучасних фінансових ринках фондові біржі надають велику кількість послуг фінансовим посередникам, емітентам, інвесторам, що забезпечує і їхній розвиток, і розвиток економіки країни. Основними з них є:

- допуск цінних паперів до котирування; реєстрація контрактів з купівлі-продажу цінних паперів; допуск, реєстрація та акредитація брокерської контори, яка є зареєстрованим на біржі окремим підрозділом; оренда брокерського місця; розміщення векселів, якими оформлено заборгованість зі збору на обов'язкове державне пенсійне страхування; торгівля похідними цінними паперами; продаж пакетів акцій публічних акціонерних товариств, що належать державі тощо.

Функції, що виконують біржі, та послуги, які вони надають, забезпечують прискорення процесу інтеграції національного ринку цінних паперів в європейський і світовий ринки. Але на сучасному етапі розвитку фондового ринку й економіки в цілому в діяльності фондових бірж існує ціла низка проблем: низький рівень капіталізації, недооцінка біржових активів, майже відсутній доступ фізичних осіб до ринку цінних паперів, наявність плати за реєстрацію цінних паперів, нормативно-правове забезпечення перебуває на стадії становлення і не завжди відповідає світовим стандартам та інші. Ці проблеми пов'язані з незавершеністю реформ, які проводяться в економіці країни, з відсутністю національної програми розвитку, з відсутністю досвіду та компетентності у керівників регулюючих органів. Необхідно розвивати біржову культуру, залучати іноземних інвесторів з досвідом роботи у біржовій сфері, розширювати асортимент біржових фінансових інструментів. В Україні переважно фінансові ресурси формуються у банківській сфері, тому слід розробити програми залучення фінансових ресурсів і на фондовому ринку, у яких фондові біржі брали б активну участь.

Висновки

Підтверджено, що фондові біржі в сучасній економіці країни виконують значну роль, яка забезпечує мобілізацію інвестиційних ресурсів і їх розподіл за напрямками розвитку; формує ділову активність, ліквідність інвесторів, емітентів та фінансових посередників; допомагає інвесторам сформувавши ефективний інвестиційний портфель цінних паперів. Фондові біржі забезпечують розвиток та удосконалення вітчизняної депозитарної системи, клірингових розрахунків, які діють в одній сфері і доповнюють один одного за допомогою розробки та втілення нових технологій, програмних продуктів, пов'язаних з укладанням угод з цінними паперами. Кожна біржа є саморегулювальною організацією, яка розвивається за чітко визначеними правилами, що забезпечує концентрацію капіталу, який в процесі накопичення забезпечить перетворення біржі на потужний інноваційний центр економіки країни.

Література

1. Положення про функціонування фондових бірж: Затв. рішенням Нац. комісії з цінних паперів і фондового ринку від 22 лист. 2012 р., № 1688. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2082-12> (дата звернення 09.01.2020).
2. Про цінні папери і фондовий ринок: Закон України від 23 лют. 2006 р. № 3480-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3480-15> (дата звернення 08.01.2020).
3. Концепція функціонування та розвитку фондового ринку України від 22.09.1995 р. № 342/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/342/95> (дата звернення 09.01.2020).
4. Річний звіт Національної комісії з цінних паперів і фондового ринку URL: https://nssmc.gov.ua/wp-content/uploads/2019/08/zvit_2018 (дата звернення 09.01.2020).
5. Фондова біржа «Перспектива»: URL: <http://fbp.com.ua/NewsEntry.aspx?id=6428> (дата звернення 09.01.2020).
6. Мацьків Р. Т., Фультинська Н. Ф. Діяльність фондових бірж в Україні на сучасному етапі. Інфраструктура ринку. 2019. № 31. С. 664—669 URL: <http://www.market-infr.od.ua/uk/31-2019> (дата звернення 06.01.2020).
7. Рощина Н. В., Товмасян В. Р., Посудієвський Д. О. Проблеми та перспективи формування фондових бірж в Україні. Інвестиції: практика та досвід. 2015. № 4. С. 30—33 URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/4_2015/8 (дата звернення 06.01.2020).

УДК:338.439.01:[664.16:612.3]

APPROACHES TO DETERMINATION OF ASSESSMENT AND CLASSIFICATION OF SUBSTANCES WITH SWEET TASTE

I. Kravchenko

National University of Food Technologies

Key words:

Sugar beet
Sugar
Sweeteners
Imports
Exports
Sugar substitutes
Diet
Market
Countries of the world
Legislative level
Food industry
Consumption rate

Article history:

Received 04.12.2019
Received in revised form
17.12.2019
Accepted 09.01.2020

Corresponding author:

I. Kravchenko
E-mail:
kira75@ukr.net

ABSTRACT

The article analyzes the state of the sugar beet and beet industry, the trends in sugar production and consumption in Ukraine and its export potential. The basic tendencies of development of beet and sugar industry in the conditions of crisis are investigated: significant reduction of areas under sugar raw materials; reducing the number of sugar refineries; insufficient organization and security of the sugar market. The question of growth in the volume of use of sugar substitutes, both domestic and foreign production, is considered at the Ukrainian market. The data on benefits and harms, as well as the effects of sucrose, substitutes and sweeteners on the human body, as well as the need for the use and consumption of natural sugars are given.

The issue that arises in the context of competition between food and beverage producers and the emergence of artificial sugar substitutes at the market in Europe, causes of anti-sugar propaganda, use of sugar substitutes in different countries of the world are analyzed. Examples of prohibition of artificial sugar substitutes and sweeteners for use in EU countries, USA, and others have been investigated. The approaches of scientists to the classification of sugar substitutes and sweeteners, as well as their main characteristics and prices for some of them, are considered.

Emphasis is placed on the unanswered issue at the state level — the definition of a clear characterization of substances with a sweet taste at the legislative level, as well as their specific classification and division into separate groups of sugars, sugar substitutes and sweeteners, both natural and synthetic with safe rate of their consumption. It is proposed to allow the use of certain additives for the production of special dietary and diabetic products with the permission of the central authorities. The necessity at the legislative level to permit or prohibit the use of these products in the food industry is justified.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-10

ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ОЦІНКИ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ РЕЧОВИН ІЗ СОЛОДКИМ СМАКОМ

І. Й. Кравченко

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано стан бурякоцукрової галузі та рослинної галузі буряківництва, тенденції виробництва і споживання цукру в Україні та його експортний потенціал. Досліджено основні тенденції розвитку бурякоцукрової галузі в умовах кризи: суттєве скорочення площ під цукросировиною; зменшення кількості цукрових заводів; недостатня організованість і захищеність ринку цукру. Розглянуто питання зростання на українському ринку обсягів використання цукрозамінників як власного, так і зарубіжного виробництва. Наведено дані щодо користі та шкоди, а також впливу сахарози, замінників і підсолоджувачів на людський організм, також з'ясовано необхідність використання та споживання натуральних цукрозамінників.

Порушено питання, яке виникає в умовах конкуренції між виробниками харчових продуктів і напоїв та появою на ринку заборонених в Європі штучних замінників цукру, проаналізовано причини антицукрової пропаганди, використання цукрозамінників у різних країнах світу. Досліджено приклади заборони штучних цукрозамінників і підсолоджувачів до вживання в країнах ЄС, Америки тощо.

Розглянуто підходи науковців до класифікації цукрозамінників і підсолоджувачів, а також їхні основні характеристики та ціни на деякі з них. Акцентовано увагу на тому, що залишається невирішеним питання на рівні держави — визначення чіткої характеристики речовин із солодким смаком на законодавчому рівні, а також конкретна їх класифікація та поділ на окремі групи цукрів, цукрозамінників і підсолоджувачів (як природних, так і синтетичних) з безпечною нормою їх споживання. Запропоновано використання деяких добавок для виробництва спеціального дієтичного та діабетичного харчування з дозволу центральних органів влади. Обґрунтовано необхідність на законодавчому рівні дозволити або заборонити використання цих продуктів у харчовій промисловості.

Ключові слова: бурякоцукрова галузь, цукор, підсолоджувачі, імпорт, експорт, цукрозамінники, дієтичне харчування, ринок, країни світу, законодавчий рівень, харчова промисловість, норма споживання.

Постановка проблеми. Бурякоцукрова галузь в Україні завжди займала провідне місце в структурі аграрного сектору економіки, від рівня розвитку та ефективності функціонування якого залежала продовольча безпека держави, робочі місця та добробут для населення. Для нашої країни це одна з найстаріших і найважливіших галузей харчової промисловості, продукція якої до 1914 р. була найважливішим предметом експорту. В Україні цукор виробляється, в основному, з цукрових буряків. Однак суттєве скорочення площ під цукросировиною, зменшення кількості цукрових заводів, значне зниження їх потужності

привели до такого стану, коли ринок цукру втратив свою організованість і захищеність. А це, у свою чергу, почало створювати сприятливі умови для поширення на ринку цукру цукрових замінників, які поступово стають альтернативним солодким продуктом не тільки для харчової промисловості, але й для пересічних громадян.

Значне зростання на українському ринку цукрозамінників як власного, так і зарубіжного виробництва, призводить до зниження споживання сахарози в чистому вигляді з цукрових буряків, що є негативною тенденцією для розвитку цукрової галузі. Враховуючи тенденцію виробництва цукру з буряків, особливо гострою проблемою, яка стоїть перед людством, є необхідність оптимізації здорового харчування людей, що не втрачає своєї актуальності та складності. Наразі активно проводяться розробки з організації виробництва нешкідливих і низькокалорійних речовин, які будуть підсолоджувати їжу та забезпечувати організм людини необхідними мікроелементами.

Через емоційно-стресові навантаження, зниження фізичної активності людини, збільшення споживання калорійних продуктів, спадкову схильність до захворювання все більшого розповсюдження набувають хронічні неінфекційні захворювання. Серед них серцево-судинні захворювання, ожиріння і, особливо, цукровий діабет, чисельність хворих на який з роками збільшується. В нашій країні, за свідченнями медиків, чисельність зареєстрованих хворих на діабет і тих, які знаходяться у переддіабетичному стані, значно нижча, ніж реальна кількість хворих. Саме у таких людей цукрові замінники користуються особливим попитом, хоча є й інші верстви населення, які неоднозначно оцінюють перспективи використання замінників солодкого продукту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню використання цукру, цукрових замінників і підсолоджувачів у харчовій промисловості присвятили наукові праці такі вітчизняні учені: Ю. А. Давидович, В. М. Завгородній, А. І. Українець, А. М. Дорохович, В. В. Яременко та інші. Проте, незважаючи на вагомий науковий доробок з цього питання, залишаються необґрунтованими підходи до класифікації цукрозамінників і підсолоджувачів з економічної точки зору.

Мета дослідження: з'ясувати вплив цукру, роль і значення цукрових замінників на людський організм, тенденції їх впровадження на ринку цукру, можливості використання цукрозамінників і підсолоджувачів у харчовій промисловості.

Викладення основних результатів дослідження. Зниження показників виробництва цукру зумовила тривала системна економічна криза, яка і призвела до занепаду провідної рослинницької галузі буряківництва, руйнування ресурсного потенціалу цукрової промисловості, витіснення вітчизняних товаровиробників із зовнішнього продовольчого ринку, помітного коливання рівня урожайності буряків і зменшення обсягів валових зборів цукрової сировини (рис.).

Цукор білий кристалічний (сахароза) — харчовий продукт першої необхідності, у складі вуглеводів він є основним джерелом енергії та забезпечує збереження білка в організмі людини. Відомо, що 60% енергії забезпечують саме вуглеводи. Розумне його споживання, в межах фізіологічної норми, позитивно

впливає на організм. Він швидко і легко засвоюється клітинами організму та потрібний для нормального функціонування печінки, мозку, живлення м'язів, особливо серцевого, зміцнення центральної нервової системи.



Рис. Виробництво та урожайність цукрових буряків, [1]

На сьогодні норма споживання цукру на добу становить в середньому до 100 г (30—35 кг на рік) і залежить від фізичних та розумових навантажень, статі, віку людини та інших факторів [2]. Однак його споживання часто значно перевищує фізіологічні потреби людини. Загальносвітова статистика свідчить про те, що середньорічне споживання цукру у розрахунку на одну людину становить 40—50 кг, тобто 100—150 г на добу, що значно перевищує фізіологічну потребу. Але не потрібно плутати поняття «шкідливість цукру» і «шкідливість надмірного вживання цукру». Здоровим людям не слід різко обмежувати кількість цукру або вживати його заміники, важливо лише обмежити його вживання. Наявність потрібної кількості сахарози в організмі людини запобігає накопиченню продуктів метаболізму жирів, що зумовлює зниження рівня рН крові. Довготривала нестача цукру в крові призводить до різноманітних розладів в організмі людини, внаслідок чого послаблюється розумова і фізична діяльність.

Водночас надлишкове споживання сахарози провокує розвиток посиленого викиду інсуліну в кров, що спричиняє розвиток такої важкої хвороби, як цукровий діабет, посилене зростання жирової тканини, підвищення рівня холестерину та на цьому фоні розвиток інших важких серцево-судинних хвороб. Цукровий діабет — захворювання, яке є одним із наслідків надлишкового вживання легкозасвоюваних вуглеводів, на першому місці серед яких знаходиться цукор білий кристалічний. Якщо в харчових продуктах зменшити вміст сахарози або взагалі виключити її з рецептури, то це надасть можливість виробляти харчову продукцію з пониженою енергетичною цінністю та більшими дієтичними властивостями. Такий продукт зможуть споживати не тільки хворі на діабет, але й усі групи населення.

Тому не дивно, що його ще називають «білою смертю» і розглядають як небезпечний продукт, негативний вплив якого значно перевищує позитивний. Сьогодні цукор білий кристалічний активно витісняють з внутрішнього та світового ринку різними замінниками. Виробники останніх розгорнули інформаційну війну проти натурального солодкого продукту, доводячи, що він дуже шкідливий для організму людини. Встановлено, що за останні роки в Україні поступово зменшуються обсяги виробництва цукру із цукрових буряків (табл. 1).

Таблиця 1. Тенденція виробництва, споживання та експорту цукру України за період 2005, 2010 та 2013—2017 рр., [3]

Роки	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
Фонди* споживання цукру населенням України, тис. тонн	17945	1704	1686	1559	1528	1420	1290
<i>У % до 2005 року</i>	<i>100</i>	<i>9,5</i>	<i>9,4</i>	<i>8,7</i>	<i>8,5</i>	<i>7,9</i>	<i>7,2</i>
Споживання цукру на одну особу за рік, кг	38,1	37,1	37,1	36,3	35,7	33,3	30,4
<i>У % до 2005 року</i>	<i>100</i>	<i>97,4</i>	<i>97,4</i>	<i>95,3</i>	<i>93,7</i>	<i>87,4</i>	<i>79,8</i>
Виробництво цукру-піску, тис. тонн	2139	1805	1263	2053	1459	2021	2043
<i>У % до 2005 року</i>	<i>100</i>	<i>84,4</i>	<i>59,0</i>	<i>96,0</i>	<i>68,2</i>	<i>94,5</i>	<i>95,5</i>
Експорт, тис. тонн	154	65	163	40	153	505	617
<i>У % до 2005 року</i>	<i>100</i>	<i>42,2</i>	<i>105,8</i>	<i>26,0</i>	<i>99,4</i>	<i>328,0</i>	<i>400,6</i>

Примітка: *Фонд споживання цукру включає споживання цукру в чистому вигляді (цукор-пісок, цукор-рафінад) і цукор, що міститься у складі кондитерських і хлібобулочних виробів, безалкогольних напоїв та інших виробів, що виробляються промисловістю та підприємствами громадського харчування.

Як свідчать дані табл. 1, за період 2010, 2013—2017 рр. порівняно з 2005 р. фонди споживання цукру населенням України суттєво знизилася: у 2010 р. — 90,5%; 2013 р. — 90,6%; 2014 р. — 91,3%; 2015 р. — 91,5%; 2016 р.— 92,1%; 2017 р. — 92,8%. Тобто прослідковується стійка тенденція, більш ніж за десять років, до зменшення споживання цукру не тільки в чистому вигляді, але й у складі кондитерських і хлібобулочних виробів, безалкогольних напоїв та інших виробів, що виробляються промисловістю. Подібний тренд можна прослідкувати, проаналізувавши показник споживання цукру на одну особу порівняно з 2005 роком. У 2010 р. та 2013 р. він складав 97,4%, що означає зниження на 2,6% до 2005 р.; у 2014 р. — 95,3% (зменшення на 4,7%); у 2015 р. — 93,7% (6,3% спаду); у 2016 р. — 87,4% (12,6%) та у 2017 р. — 79,8% (20,2% спаду). Подорожчання цукру, найбільший вплив на зростання якого мало підвищення тарифів на електроенергію та інші комунальні послуги, вплинуло на зменшення обсягів його споживання. Тож виробники активно розглядають можливості реалізації продукції на зовнішніх ринках. До того ж держава повертає експортерам податок на додану вартість. Загалом за 1 тону «піску», проданого

закордон, цукрові заводи отримують кошти, що значно перевищують ціну внутрішнього ринку.

Водночас за цей період виробництво цукру-піску мало нестійку динаміку. Так у 2010 р. обсяг виробництва складав 1805 тис. тонн та 1263 тис. тонн у 2013 р., що становило 84,4% та 59,0% відповідно щодо 2005 року. У 2014 р. обсяг зріс до 2053 тис. тонн (96,0%); після зниження до 1459 тис. тонн (68,2%) у 2015 р., виробництво цукру у 2016 р. та 2017 р. збільшилось до 2021 тис. тонн (94,5%) та 2043 тис. тонн (95,5%) відповідно.

Нестійким був і експорт продукту: після спаду в 2010 р. (65 тис. тонн або 42,2%), у 2013 р. показник зріс до 163 тис. тонн (105,8%). Після зниження в 2014 р., в 2016—2017 рр. він досяг величини 505 та 617 тис. тонн, що, відповідно, становить 328,0% та 400,6%. Тобто експорт солодкого продукту збільшився більше ніж в 4 рази порівняно з 2005 роком.

У 1997 р. в Римі на науковому форумі «Вуглеводи у харчуванні людини», який зібрав медиків і біохіміків з 13 країн світу, було підтверджено, що нормоване споживання цукру не викликає таких хвороб, як діабет та онкологія. Після ретельного вивчення всіх матеріалів щодо впливу цукру на організм людини, підсумували, що цукор відіграє важливу роль у харчуванні. Міжнародні експерти вважають, що він повинен бути на рівні з основними харчовими продуктами нашої планети [5]. Сумарний обсяг імпорту та експорту цукру з цукрової тростини або з цукрових буряків показано в табл. 2. Ціни на цукор в Україні, Росії та світові ціни на товарних біржах за останні роки вказано в табл. 3.

Таблиця 2. Сумарний обсяг імпорту та експорту цукру з цукрової тростини або з цукрових буряків у твердому стані (тис. дол. США) за періодами, [4]

Період	Імпорт		Експорт	
	вартість	вага нетто, т	вартість	вага нетто, т
01.01.2011 по 31.12.2011	161483	269255	4365	6242
01.01.2012 по 31.12.2012	1632	1050	113889	174455
01.01.2013 по 31.12.2013	1925	1438	67170	123031
01.01.2014 по 31.12.2014	1236	923	3048	6184
01.01.2015 по 31.12.2015	1166	1716	46746	114818
01.01.2016 по 31.12.2016	19700	47062	229861	464815
01.01.2017 по 31.12.2017	1260	1830	280126	599338
01.01.2018 по 31.12.2018	1381	1702	216503	584854
01.01.2019 по 31.08.2019	781	982	77726	214975

Як свідчать дані табл. 2, за 2011—2019 рр. обсяги імпорту знизилися з 269255 тонн до 982 тонн, що у вартісних одиницях становить 161483 та 781 тис. дол. США відповідно. Водночас обсяги експорту цукру за досліджуваний період зросли від 6242 тонни до 214975 тонн, що у грошових одиницях становить 4365 та 77726 тис. дол. США відповідно. Можна стверджувати, що Україна поступово нарощує обсяги експорту цукру. Солодкий продукт продається як у країни близького, так і далекого зарубіжжя. А збільшення валютних надходжень від нарощування експорту продукції позитивно впливатиме на курс національної валюти.

Таблиця 3. Ціни на цукор в Україні, Росії та світові ціни на товарних біржах, [5]

Дата	Білий цукор Україна, грн/т	Білий цукор Росія, USD/т	Білий цукор Лондон, USD/т
17.01.2019	10930	546,7	348,5
12.01.2018	11200	429,9	375,0
13.01.2017	14000	554,6	534,6
15.01.2016	14000	590,7	427,6
18.12.2015	13850	597,9	405,5

Як свідчать дані, наведені у табл. 3, за період 2015—2019 рр. ціни на цукор в Україні мають тенденцію до зниження. Так, на кінець 2015 р. ціна 1 тонни цукру білого кристалічного становила 13850 грн та протягом трьох років вона поступово знижувалась до 14000 грн, 11200 грн та на початок 2019 р. вже була 10930 грн за 1 тону. Нестійка тенденція спостерігається в Росії та на Лондонський товарній біржі. До 2018 року в Росії спостерігалось зниження ціни від 597,9 USD/т в 2015р. до 429,9 USD/т, з різким підвищенням до 546,7 USD/т на початок 2019 року. На товарних біржах Лондона відбувалось коливання ціни: в 2016 р. — 427,6 USD/т (збільшилась на 22,1 USD/т до 2015 р.); в 2017 р. — 534,6 USD/т (збільшення на 129,1 USD/т до 2015 р.); зменшення до 375,0 USD/т у 2018 р. (на 30,5 USD/т до 2015 р.) та у 2019 р. ціна становила 348,5 USD/т, що на 57 USD/т менше ніж у 2015 році.

Цукор — продукт першої необхідності, який, крім солодкого смаку, впливає на структуру харчових продуктів, надає гарного зовнішнього вигляду і збільшує термін зберігання. Традиційно склалось, що його вважають майже єдиним нешкідливим солодким продуктом природного походження та еталоном чистоти й солодкості їжі, тому всі інші речовини для підсолоджування дістали назву «замінники». Хоча відносно цієї назви існують різні тлумачення.

На думку А. М. Дорохович, до цукрозамінників належать речовини із солодким смаком, які за всіма показниками (фізико-хімічними, органолептичними та ін.) можуть замінювати цукор в харчових продуктах. Відповідно до правил номенклатури Міжнародного союзу теоретичної і прикладної хімії, до цукрозамінників відносяться гідрогенізовані вуглеводи- синоніми однорідного класу похідних вуглеводів, які мають суфікс «-ітол»: сорбітол, ксилітол, лактитол тощо. Сама назва вказує на те, що ця речовина може замінити цукри не тільки за солодким смаком, але й за структурно-механічними показниками.

До групи цукрів відносяться моно- і дисахариди, в назві яких існує суфікс «-оза». Згідно зі стандартом CODEX STAN 212-1999, до групи цукрів відносяться цукор білий — сахароза, коричневий, цукор-сирець з цукрової тростини, глюкоза — виноградний цукор, лактоза — молочний цукор, фруктоза — фруктовий цукор тощо. Крім того, що останні є носіями солодкого смаку, вони беруть участь в утворенні структури харчових продуктів (кристалічної, піноподібної, пастоподібної тощо). Глюкоза є основним джерелом енергії для людського організму. Вона бере участь у синтезі амінокислот, ферментів та інших корисних речовин, а також виводить токсини з організму. Фруктоза — натуральний фруктовий цукор, який міститься у ягодах і фруктах, квітковому нектарі, насінні рослин і меді. На сьогодні це найкращий замінник цукру, що широко використовується у кондитерському виробництві при виготовленні продукції для хворих на цукровий діабет. Також пропонується замінити сахарозу на фруктозу та глюкозу у рецептурах фруктово-ягідних начинок, що дає змогу

розробити технологію начинок дієтичного призначення. В останні роки за кордоном почали використовувати при виробництві кондитерських виробів новий інноваційний харчовий продукт — цукор тагатоza. Вище названі цукрозамінники мають калорійність, яка майже вдвічі менша, ніж калорійність моносахаридів (табл. 4).

Таблиця 4. Основні характеристики цукрів і цукрозамінників, [7]

Назва цукрів	Калорійність, ккал/г	Коефіцієнт солодкості, од	Розчинність при 20 °С	Назва цукрозамінника	Калорійність, ккал/г	Коефіцієнт солодкості, од	Розчинність при 20 °С
Сахароза	4,0	1,0	69,0	Сорбітол	2,6	0,6	75
Глюкоза	4,0	0,8	47,0	Ксилітол	2,4	1,0	62
Фруктоза	4,0	1,5	78,0	Лактитол	2,0	0,37	56
Лактоза	4,0	0,35	16,0	Еритритол	0,2	0,65	37
Тагатоza	1,5	0,92	58,0	Мальтитол	3,0	0,9	65

Еритритол, на відміну від інших цукрозамінників, не є похідним вуглеводів, отримують його мікробіологічним синтезом. У більшості країн вважають еритритол безкалорійним продуктом [7].

Підсолоджувачі — це речовини з високим ступенем солодкості. Вони забезпечують солодкий смак продукту, але не мають структуроутворюючих властивостей. Останніми роками підсолоджувачі широко використовуються не тільки у виробництві продуктів харчування, але і як готові добавки. Їх використовують у багатьох галузях харчової промисловості. Насамперед це пов'язано з високим коефіцієнтом солодкості, який у 200—600 разів вищий за цукор. І тому з їх допомогою можливе виробництво недорогих низькокалорійних продуктів харчування з частковою або повною заміною цукру. Також вони можуть використовуватись у виробництві продуктів для людей, хворих на діабет. Наразі підсолоджувачі використовуються у кондитерській, хлібобулочній промисловості, при виробництві безалкогольних та алкогольних напоїв, жувальної гумки, кетчупів та інших продуктів. Вони можуть бути природними (сахарол, гліциризин, осладин, філодульцин тощо) та синтетичними (сахарин, аспаркам, ацесульфам-К, цикламат тощо). На сьогодні у світі досить вагоме місце займають вироби з натуральними замінниками. Це молочні продукти, безалкогольні напої, кондитерські вироби. Натуральні замінники практично повністю засвоюються організмом, беруть участь у метаболічних процесах і, подібно до звичайного цукру, забезпечують організм додатковою енергією, вони нешкідливі і мають певні лікувальні властивості [8]. Серед рослин, що мають солодкий смак, найбільш відома стевія — натуральний підсолоджувач, який рекомендований МОЗ України ще і за свої широкі лікувально-профілактичні властивості. Ця рослина знижує рівень цукру в крові без протипоказань і побічних ефектів. Стевія позитивно впливає на людський організм. Найбільш безпечним натуральним цукрозамінником, а також ефективним природним імуностимулятором є мед. Хоча захоплюватися медом не варто через алергенну дію. Сахарол — порошок жовто-зеленого кольору і є продуктом переробки стевії, солодкість якого становить 200—300 одиниць стосовно сахарози. Гліциризин — це гліциризинова кислота, яка міститься в корінні дерева лакриці, має солодкість 50—100 одиниць. Осладин отримують з коріння папороті, але за низької концентрації

солодких речовин у коренях (близько 0,03%) накладає обмеження на використання осладіну в промисловому виробництві. Філодульцин був отриманий у 1916 р. з листя чаю певного сорту, а його солодкість дорівнює 200—300 одиниць.

Сахарин (Е954) — синтетичний підсолоджувач, у 300—500 разів солодший за сахарозу, він не засвоюється і виводиться з організму. Добавка Е954 — один з інгредієнтів морозива, кремів, желатинових десертів та інших кондитерських виробів, тож мало кому відомо, що під незнайомим псевдонімом «ховається» саме сахарин. Аспаркам (Е951) має в 150 разів вищу солодкість. Існують дані, що аспаркам при тривалому використанні шкодить здоров'ю. Об'єднаним комітетом експертів ФАО/ВООЗ з харчових добавок встановлено добову потребу 40 мг/кг маси тіла. Ацесульфам-К (Е950) — товарною маркою цього підсолоджувача є «сунет», солодкість його у 200 разів вища за сахарозу. Цикла-мат (Е952) має у 30—50 разів більшу солодкість, ніж сахароза, та встановлену добову норму споживання до 11 мг/кг маси тіла. Підсолоджувачі класифікують по-різному, але до всіх синтетичних речовин із солодким смаком висуваються основні вимоги: безпечність і повне виведення з організму. Характеристику натуральних і штучних підсолоджувачів, а також ціни за 100 г деяких з них наведено в табл. 5.

Таблиця 5. Основні характеристики натуральних і штучних підсолоджувачів, [9]

Синтетичні підсолоджувачі	Е номер	Перевищення солодкості порівняно з сахарозою	Добова норма вживання	Середня ціна за 100 г, грн
ацесульфам-К	Е950	200	0—9мг/кг	—
аспартам	Е951	160—200	0—40мг/кг	45,0
цикламат	Е952	30	0—7мг/кг	7,8
сахарин	Е954	300—500	0—5мг/кг	37,0
Цукрозамінники: сорбітол	Е420	0,6	—	—
ксилітол	Е967	1	—	50,0
лактитол	Е966	0,4	—	—
еритритол	Е968	0,6—0,8	—	27,2
мальтитол	Е421	—	—	13,9
Природні підсолоджувачі	Е номер	Солодкість, од	Зовнішній вигляд	—
сахарол	—	200—300	порошок жовто-зеленого кольору	—
гліциризин	Е958	50—100	безкольорові кристали	—
осладин	—	3000	безкольорові кристали	—
філодульцин	—	200—300	підсолоджувальна речовина виділена із чаю сорту амаха і листя рослини <i>Hydrangea macrophylla</i>	—

У сучасній харчовій промисловості України на великих виробництвах використовують штучно отримані цукрозамінники, шкоду яких, зазвичай, виробники не розголошують. У зв'язку з комерціалізацією та в умовах жорсткої конкуренції підприємства харчових продуктів і напоїв, на жаль, здешевлюють свою продукцію шляхом заміни цукру підсолоджувачами. Це пов'язано з тим, що

підсолоджувачі мають низьку ціну порівняно з використанням цукру, що знижує витрати на виробництво продукції та впливає на кінцеву ціну готових виробів.

Широкий спектр штучних і натуральних цукрозамінників дає змогу робити вибір кожній людині та виробнику на підприємствах. Їх застосування дає велику вигоду, оскільки дає змогу знизити витрати на виробництво, що, в результаті, надає можливість витримувати конкуренцію та отримувати більші прибутки. Також перевага полягає в тому, що замінники не є живильним середовищем для бактерій, на відміну від природних вуглеводів, і це зумовлює те, що продукти довго не псуються. При цьому деякі виробники керуються лише очевидною вигодою, нерідко за рахунок якості готової продукції та її безпеки для здоров'я людини.

У країнах ЄС, США та Австралії накладена заборона на використання деяких замінників цукру і підсолоджувачів або існують певні обмеження щодо використання їх при виробництві харчових продуктів. Українське законодавство більш лояльне в цьому питанні. В Україні споживання синтетичних підсолоджувачів є можливим лише з дозволу МОЗ і не рекомендуються дітям віком до 7 років. Вживання замінників з метою економії цукру неприпустимо з гігієнічних міркувань, оскільки це суперечить принципам раціонального харчування. При цьому незатверджені нормативні акти та рецептури: скільки і яких цукрозамінників може бути використано у кожному конкретному кілограмі виробу або іншого харчового продукту. Це питання потребує контролю з боку держави.

Заборонені й утилізовані у Європі цукрозамінники почали «осідати» у нашій країні. Після того, як Європа заборонила надмірне використання цукрозамінників близько двох десятиріч тому, вони почали активно завойовувати Україну. До того часу їх, практично, на вітчизняному ринку їх не було. При цьому для забезпечення прав громадян, які потребують спеціального харчування, пропонується використання добавок для виробництва дієтичного, діабетичного харчування. Цукровики схвально ставляться до таких дій і повністю підтримують регламентацію у законодавстві на використання цукрозамінників у харчових продуктах та безалкогольних напоїв. На сьогодні існують різні думки про безпеку і можливість вживання різних синтетичних замінників цукру [6]. Досвід інших країн свідчить про необхідність ретельного вивчення впливу даних продуктів на організм людини з точки зору їх походження, хімічного складу, поживних критеріїв та ступеня шкідливості.

Висновки

Наразі у світі існують різні підходи до класифікації та оцінки речовин з солодким смаком. Немає чітких загальноприйнятих стандартів і кількісних підходів, які б діяли для всіх країн. Деякі автори розглядають речовини сорбітол, ксилітол тощо як синтетичні цукрозамінники, хоча це продукти природного походження, а ацесульфам-К, аспартам тощо не можна віднести до групи синтетичних цукрозамінників, бо вони є лише носіями солодкого смаку. Виникає необхідність на загальнодержавному рівні врегулювати порядок використання синтетичних цукрозамінників у харчовій промисловості, а також сприяти проведенню заходів науково-роз'яснювального характеру. На сьогодні залишається

невирішеним питання чіткої характеристики речовин із солодким смаком на законодавчому рівні, а також конкретна їх класифікація та поділ на окремі групи цукрів, цукрозамінників і підсолоджувачів (як природних, так і синтетичних) з безпечною нормою їх споживання. Проблема використання цукрозамінників потребує обов'язкового доопрацювання з боку спеціалістів і законотворців стосовно ввезення, вживання та використання синтетичних цукрозамінників в нашій країні.

Література

1. Україна у цифрах у 2017 році. Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/08/Ukr_cifra_2017_u.pdf.
2. Штангєєва Н. І. Використання натуральних цукрозамінників у харчовій промисловості. *Харчова наука і технологія*. 2011. № 2(15). С. 53—55.
3. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України. Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/07/zb_bsoph2017_pdf.
4. Сумарний обсяг імпорту та експорту у розрізі товарних позицій за кодами УКТЗЕД. URL: <http://sfs.gov.ua/ms/f11>.
5. Науково-практичний центр цукробуякового виробництва. URL: <http://sugarua.com/ua/65/lists/4375>.
6. Данилишин М. С. Цукрозамінники і підсолоджувачі на ринку цукру України. *Цукор України*. 2013. № 5(89). С. 17—20.
7. Дорохович А. М. Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачів. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2017. № 6. С. 28—30.
8. Пархоменко Л. І., Кравчук Н. М. Аналіз ринків сучасних цукрозамінників. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/22976/1/31.pdf>.
9. Дорохович А. М. Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачів. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2017. № 7. С. 26—28.

EXPERIENCE OF IMPROVEMENT OF SPRAY DRYER
FOR THERMOPLASTIC MATERIAL EXTRACTORS

T. Turchyna, K. Maletzka, E. Zhukotskyi

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Key words:

*Spray dryer
Thermoplasticity
Adhesion properties
Improvement
Powder cooling
Separation*

Article history:

Received 03.12.2019
Received in revised form
19.12.2019
Accepted 17.02.2020

Corresponding author:

T. Turchyna
E-mail:
tbds_itf@ukr.net

ABSTRACT

The dry powder form of food products obtained from aqueous extracts of various vegetable raw materials may receive more common demand for their use as valuable with high content of biologically active components. But due to the problems arising in spray drying of complex colloidal and heterogeneous systems, which are the majority of plant extracts, and their thermoplastic, adhesion and hygroscopic properties, their production in powder form in Ukraine is still not established.

Approbation of the technology of drying malt extract, which was carried out on an industrial spray dryer universal modified (DUM) with a diameter of 1.5 m, with a productivity of 20—25 kg/h for evaporated moisture with a centrifugal disk sprayer, revealed number of problems in obtaining a powder product.

The purpose of the work was to improve the units of separation, cooling and unloading of the industrial sawing drying plant DUM-1.5 with determination of rational thermotechnical parameters of drying for obtaining powder form of malt extracts of low final moisture and increasing its yield from the spray dryer.

Improvement of the plant included increasing the height of the bunker under the cyclone and organizing the cooling of the powder in two stages using a screw cooler on the exit of the dryer and determination of rational heat technological modes of drying. This allowed to obtain powder with a moisture content of up to 2%, which contributed to lengthening its shelf life to 2 years, and due to better flowability of powder and lack of deposits of product, increases its yield to 93—95%.

The obtained experience of improving the DUM-1.5 dryer proves the necessity of taking into account the properties of such complex spray drying objects in the production of dry forms of malt or other extracts with similar properties under industrial conditions.

ДОСВІД УДОСКОНАЛЕННЯ РОЗПИЛЮВАЛЬНОЇ СУШАРКИ ДЛЯ ЕКСТРАКТІВ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Т. Я. Турчина, К. Д. Малецька, Е. К. Жукотський

Інститут технічної теплофізики НАН України

Суха порошкова форма харчових продуктів, одержаних з водних екстрактів різноманітної рослинної сировини, може здобути більш поширений попит щодо використання їх як цінних, з високим вмістом біологічно активних компонентів. Але через проблеми, що виникають при розпилювальному сушінні складних колоїдних і гетерогенних систем, якими є більшість рослинних екстрактів, та їхні термопластичні, адгезійні та гігроскопічні властивості, виробництво їх у формі порошку в Україні досі не налагоджено.

Апробація технології сушіння солодових екстрактів, яка проводилась на промисловій розпилювальній сушарці універсальній модифікованій (СУМ) діаметром 1,5 м, продуктивністю 20—25 кг/год за випареною вологою з відцентровим дисковим розпилювачем, виявила низку проблем при отриманні порошкового продукту.

Мета дослідження полягала в удосконаленні конструкції вузлів сепарації, охолодження та вивантаження промислової розпилювальної сушильної установки СУМ-1,5 з визначенням раціональних теплотехнологічних режимних параметрів отримання порошкової форми солодових екстрактів низької кінцевої вологості і збільшення його виходу з розпилювальної сушарки.

Удосконалення установок, яке включало збільшення висоти бункера під циклоном і організацію охолодження порошку у дві стадії з використанням шнекового охолоджувача на виході із сушарки та визначення раціональних теплотехнологічних режимів сушіння дасть змогу отримувати порошок з вологістю до 3%, що сприятиме подовженню терміну його зберігання до двох років, а завдяки крапцкій сипкості і відсутності відкладень — збільшити його вихід до 93—95%.

Отриманий досвід удосконалення сушарки СУМ-1,5 доводить необхідність урахування властивостей таких складних об'єктів розпилювального сушіння при виробництві у промислових умовах сухої форми солодових або інших екстрактів з аналогічними властивостями.

Ключові слова: *розпилювальна сушарка, термопластичність, адгезійні властивості, удосконалення, охолодження порошку, сепарація.*

Постановка проблеми. Сухі порошкові продукти, одержані з екстрактів рослинної або зернової сировини, користуються широким попитом як інгредієнти з високим вмістом натуральних цінних біоактивних компонентів у виробництві функціональних напоїв і «збагачених» продуктів харчування спеціального призначення [1—3]. Але при розпилювальному методі сушіння, як показує досвід, порошки таких екстрактів у процесі висушування, сепарації, транспортування та вивантаження проявляють термопластичні, адгезійні й гігроскопічні властивостей [3; 4]. Це призводить до нестабільності процесу

розпилювального сушіння, відкладень часток продукту на стінках камери та ускладнень при вивантаженні порошку через його грудкування і зниження сипких властивостей.

Такі рослинні екстракти, які є складними багатокомпонентними рідинними системами, вимагають урахування при зневодненні у диспергованому стані реологічних характеристик початкового продукту, його кінетичних закономірностей при сушінні, які характерні для таких продуктів, а також технічних можливостей для визначення раціональних температурних режимів на різних стадіях процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження, що проводились в ряді європейських країн, зокрема у Фінляндії, Польщі, Італії, Білорусі та ін., а також в ІТТФ НАН України, показали, що, враховуючи вагомі переваги розпилювального методу сушіння для продуктів з високим вмістом біоактивних компонентів і редукуючих цукрів (>65%), найважливішим є визначення раціональних теплотехнологічних умов не тільки процесу зневоднення, а й охолодження висушених часток на виході з сушильної камери для надання їм більшої міцності і кращої сипкості.

Відкладення продуктів у камері розпилювальних сушарок при сушінні таких екстрактів, які являють собою колоїдні гетерогенні системи, що містять широкий спектр термолабільних поживних і біологічно активних речовин, у т.ч. високу кількість вуглеводів (понад 60...80%), кислот, біополімерів і високомолекулярних речовин [5], обумовлені їх хімічною природою і пов'язаними з нею теплофізичними і реологічними властивостями [6—9]:

- низька дифузійна здатність;
- висока в'язкість і низька текучість;
- термочутливість;
- нестабільність показників кислотності рідкого середовища (рН) при вмісті сухих речовин 35...50%.

Апробація технології сушіння солодових екстрактів на промисловій сушарці СУМ-1,5 продуктивністю 20—25 кг/год за випареною вологою показала, що отримати порошок солодового екстракту на цьому пристрої достатньо складно. В сушарці такої конструкції виявилось недостатньо часу для повного завершення стадії досушування частинок порошку, що викликало утворення адгезійних відкладень продукту в усіх вузлах установки та неможливість його транспортування й вивантаження. Лише при зниженні продуктивності сушарки у 2—3 рази було отримано порошок, що характерно для багатьох подібних колоїдних систем, але через значні відкладення вихід його був невисоким.

Дослідження кінетики сушіння крапель солодових екстрактів [4], що проводились на системі «крапля-парагазове середовище» на експериментальному стенді в статичних умовах, показали, що згідно з класифікацією матеріалів як об'єктів сушіння методом розпилювання [10] солодові екстракти з вмістом сухих речовин $\leq 45\%$ за характером термограм відносяться до підгрупи III-2, для яких процес зневоднення триває два періоди, але переважно у високотемпературному (сушильному) періоді з утворенням твердої фази з неміцною структурою, притаманною для колоїдних або колоїдних капілярно-пористих матеріалів. А з підвищенням концентрації сухих речовин до $\geq 45\%$,

що викликає збільшення в'язкості екстракту, і температури теплоносія до $\geq 190^{\circ}\text{C}$ солодові екстракти за характером термограм переходять до підгрупи III-3, для яких процес зневоднення відбувається виключно в сушильному періоді зі значним подовженням стадії досушування, викликаним опором процесу вологопереносу з боку утвореної на поверхні краплі ущільненої в'язкої кірочки. Саме з цим пов'язане налипання на всіх внутрішніх поверхнях сушильної установки СУМ-1,5 частинок порошку.

Найбільша інтенсивність тепловологопереносу при зневодненні крапель солодових екстрактів досягалась при вмісті сухих речовин $\leq 45\%$, а надання міцності висушеним часточкам — при їх охолодженні в режимі перемішування [3; 4; 9].

Особливості хімічного складу солодових екстрактів як об'єктів розпилювального сушіння визначають кінетику сушіння, морфологічні й адгезійні властивості висушених часток, структурно-механічні характеристики порошку.

У табл. 1 наведено вміст основних складових двох видів солодових екстрактів: полісолодового (далі по тексту ПСЕ), ячмінно-солодового (далі — ЯСЕ), що виробляють в Україні у формі рідких концентратів [5].

Таблиця 1. Хімічний склад солодових екстрактів, що виробляють в Україні у формі рідких концентратів

Основні складові концентратів	ПСЕ	ЯСЕ
Сухі речовини, г/100 г продукту, у т. ч.:	76,0	76,0
білкові	4,2	3,6
гумі-речовини	3,6	4,8
зола	1,2	1,2
Вуглеводи, у т. ч.:	67,0	66,4
декстрини	5,8	6,6
мальтотетроза	5,2	5,3
мальтотриоза	3,3	2,8
мальтоза	28,0	26,0
сахароза	1,4	1,6
глюкоза	20,0	19,8
фруктоза	3,3	3,4
ксилоза	Сліди	0,9
Вода	24,0	24,0

Хімічний склад ПСЕ, одержаного із суміші різних зернових (пшениці, кукурудзи, жита тощо), відрізняється (табл. 1) від односкладного ЯСЕ [5]. Масова частка редукуючих цукрів у ЯСЕ становить 75,0—80,0%. Для ПСЕ масова частка редукуючих цукрів у перерахунку на мальтозу на 25—30% менша, ніж в ЯСЕ. Основні цукристі речовини в екстрактах представлені мальтозою, глюкозою та фруктозою, за їх вмістом ПСЕ дещо перебільшує ЯСЕ.

Цінними складовими солодових екстрактів вважаються білки та амінокислоти. ПСЕ і продукти на його основі на 20—30% переважають ЯСЕ за вмістом білків, при цьому у цих продуктах на 46—53% білки представлені високомолекулярними і на 31—33% — низькомолекулярними сполуками. В ЯСЕ переважають низькомолекулярні білки (~50%), але за рахунок більш високого

вмісту загальних розчинних білків ПСЕ за сумою середньо- та низькомолекулярних фракцій переважає ЯСЕ.

З 15 вільних амінокислот, визначених у солодових екстрактах, найбільший вміст припадає на глютамінову кислоту, аланін, валін, ізолейцин, лейцин, фенілаланін, гістидин. Загальний їх вміст у ПСЕ на 30% вищий, ніж у ЯСЕ [5]. Значну цінність солодових екстрактів складають біологічно активні речовини, серед яких вітаміни В₁, В₂, В₃, В₆, С, Н, РР, а вміст їх досить високий. Більшим вмістом гумі-речовин в ЯСЕ пояснюється його більша в'язкість.

Залежність в'язкості екстрактів від концентрації сухих речовин і температури екстракту та визначення їх структуроутворюючого потенціалу мають велике значення, зокрема при формуванні сферичної форми крапель на виході з дискового розпилювача і фізичних навантаженнях на них при сушінні та сепарації, що впливає на продуктивність сушарки і вихід порошкового продукту [9].

Термопластичні й адгезійні властивості, які проявляли частинки порошку солодових екстрактів у камері, циклоні та бункері під час апробації сушарки СУМ-1,5, були закономірно обумовлені такими чинниками, як:

- підвищений вологовміст частинки порошку [4];
- низький вміст білків і декстринів (табл. 1 [5]), які позитивно впливають на процеси структуроутворення при зневодненні у диспергованому стані;
- високий вміст речовин з низькими температурами плавлення;
- нестабільність показників кислотності екстрактів з концентрацією сухих речовин 35...50% при підвищеній температурі продукту (40—60°C) на момент подачі в сушарку.

Сукупність цих чинників ускладнила не тільки умови перебігу процесів сушіння, структуроутворення та вологопереносу при зневодненні, процесів сепарації і вивантаження порошку, а й сприяла зниженню температури плавлення часток порошку. В приймальній ємності сушарки СУМ-1,5 у гарячому стані частинки з пластичною і схильною до деформації структурою спресувались до стану моноліту. Такий продукт був цілком непридатний до використання.

Враховуючи вміст цінних поживних і біологічно активних речовин і кінетику сушіння крапель такої складної системи, доцільно особливу увагу приділити проблемі завершення стадії досушування часток і їх охолодження для покращення структурно-механічних характеристик порошку і своєчасного вилучення його з зони дії високих температур, зокрема забезпечити подовження траєкторії польоту часток з обов'язковим поступовим їх охолодженням у зваженому стані для уникнення агломерації частинок і на завершальній стадії — в режимі механічного перемішування — для підвищення щільності та міцності їх структури.

Мета дослідження: удосконалення конструкції вузлів сепарації, охолодження та вивантаження промислової установки СУМ-1,5 із визначенням раціональних теплотехнологічних режимів отримання порошку солодових екстрактів низької кінцевої вологості і збільшення його виходу з розпилювальної сушарки.

Викладення основних результатів дослідження. Удосконалення розпилювальної сушарки проводили з урахуванням властивостей солодових екстрактів як об'єктів розпилювального сушіння, обумовлених їхнім хімічним складом.

Для покращення умов сушіння, сепарації та вивантаження порошку було запропоновано організувати його охолодження у дві стадії (рис. 1):

на 1-й стадії — шляхом підводу додаткової порції теплоносія (повітря) з температурою 60—65°C (10) до системи пневмотранспорту крізь нижній вивантажний отвір сушильної камери;

на 2-й стадії — удосконалюючи вузол сепарації з подовженням траєкторії польоту частинок за спіраллю не тільки в циклоні, а й у бункері 8 та створивши умови для механічного перемішування порошку для закріплення форми та ущільнення структури частинок в процесі охолодження, для чого удвічі було збільшено висоту раніше «приймального», а тепер транзитного бункера 8, безпосередньо під бункером 8 було додатково встановлено шнековий охолоджувач 9, в якому швидкість обертання складала 6—8 об/хв.

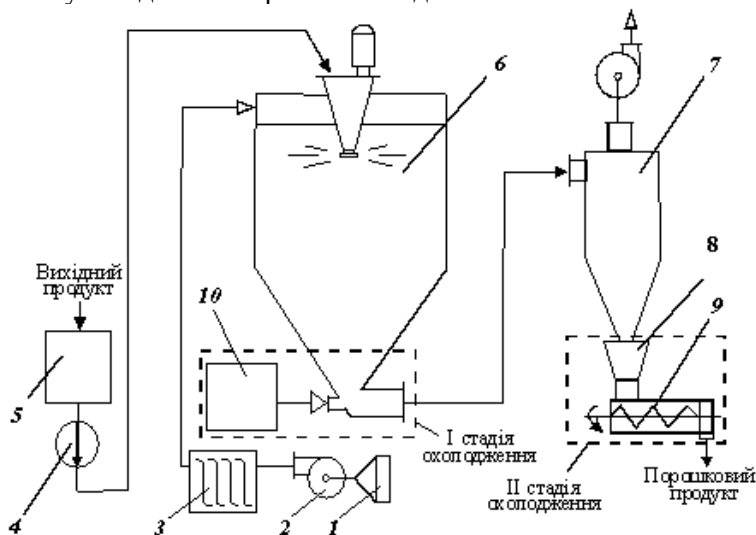


Рис. 1. Схема вдосконаленої розпилювальної сушильної установки СУМ-1,5 з охолодженням порошку у дві стадії:

- 1 — фільтр для забору повітря з навколишнього середовища; 2 — вентилятор;
 3 — калорифер; 4 — насос; 5 — смінь для вихідного продукту; 6 — сушильна камера;
 7 — циклон; 8 — приймальний бункер; 9 — шнековий охолоджувач (II стадія охолодження порошку); 10 — система підготовки теплоносія для охолодження порошку на виході з камери (I стадія охолодження порошку)

Апробація технології сушіння солодового екстракту на вже вдосконаленій сушарці показала позитивні результати як з ефективності висушування та якості порошку (табл. 2), так і за технічними та виробничими показниками роботи установки (табл. 3).

Стабілізація процесів сушіння та вивантаження порошку, а також підвищення його виходу було досягнуто, як показано в табл. 2, за рахунок:

- підвищення температури вихідного рідкого продукту до 40...60°C;
- підвищення температурних режимів сушіння;

- кращій сипкості порошку завдяки міцності, однорідності та сферичності частинок (рис. 2) досягнутій в результаті поступового охолодження порошку до температури 35...40°C в режимі перемішування;

- зниження кінцевої вологості порошку до $\leq 2\%$, що сприяло збільшенню терміну його зберігання до 2 років;
- відсутності прояву гігроскопічних та адгезійних властивостей.

Таблиця 2. Теплотехнологічні режимні параметри процесу розпилювального сушіння солодових екстрактів на сушарці СУМ-1,5

Характеристики рідкого продукту			Температурні параметри, °С			Характеристики порошку			
Марка екстракту	Вміст сухих речовин C_0 , %	Температура продукту, T_p , °С	повітря		$T_{\text{пор}}$	Загальний вихід з сушарки, %	Вологість, %	Дисперсність (діапазон розмірів часток), мкм	Термін зберігання, міс
			на вході в камеру, T_b	на виході з камери, $T_{\text{вих}}$					
<i>Без охолодження порошку (до вдосконалення сушарки)</i>									
ЯСЕ	43	20...25	165	85	—	<40,0	5,6	Агломерати	—
<i>З охолодженням порошку в режимі перемішування (після вдосконалення)</i>									
ЯСЕ	45	40...60	185	90	35...40	93,5	1,7	2...55	до 24
ПСЕ	46			95	35...40				

Як показано в табл. 3, в результаті удосконалення вузлів сепарації, охолодження та вивантаження сушарки СУМ-1,5 та відпрацювання теплотехнологічних режимних параметрів сушіння солодових екстрактів було досягнуто:

- збільшення продуктивності установки;
- підвищення вологонапруженості сушарки за випареною вологою;
- зниження питомих витрат повітря на 1кг випареної води.

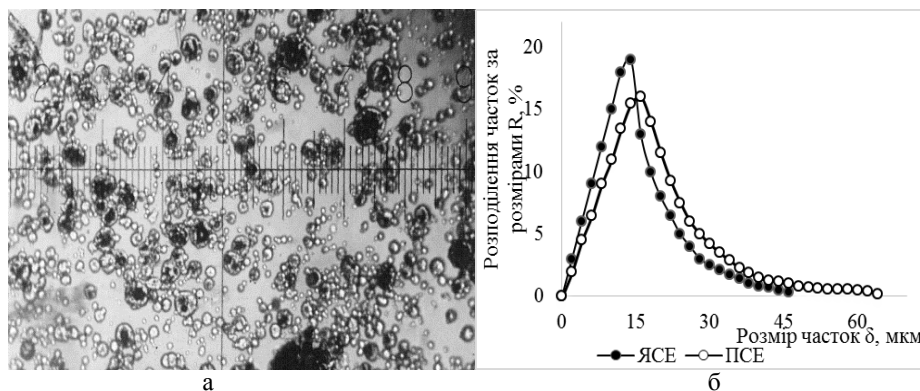


Рис. 2. Мікроструктурний аналіз порошку ЯСЕ (а) та диференційні криві розподілу часток ЯСЕ та ПСЕ за розмірами (б)

Таблиця 3. Теплотехнічні характеристики роботи розпилювальної сушарки СУМ-1,5 до і після модернізації

Марка екстракту	Продуктивність сушарки, кг/ч			Питомі витрати повітря, l , кг/кг випареної води	Вологонапруженість сушарки за випареною вологою, кг/($m^3 \cdot год$)
	за розчином, G_p	за випареною вологою, $G_{вип}$	за порошком, $G_{пор}$		
<i>Без охолодження порошку (до вдосконалення)</i>					
ЯСЕ	14,3	7,9	6,4	52,6	2,7
<i>З охолодженням порошку в режимі перемішування (після вдосконалення)</i>					
ЯСЕ	22,3	13,2	9,1	42,0	4,5
ПСЕ	19,2	10,4	8,8	37,0	3,5

Зниження питомих тепловитрат при одержанні порошкової форми солодових екстрактів на вдосконаленій розпилювальній сушарці в середньому складало: на 1 кг випареної води — до 23% і на 1 кг готової продукції — до 26%.

Після завершення промислових випробувань лінії виробництва сухої форми різних модифікацій екстрактів злакових (ЯСЕ-1, ПСЕ, ЯСЕ-2, ЯСЕ-5) вдосконалену розпилювальну сушарку СУМ-1,5 (рис. 3) рекомендовано підприємствам харчової та хіміко-фармацевтичної промисловості для технологічних ліній виробництва сухої форми рослинних екстрактів з підвищеним вмістом редуруючих цукрів.



Рис. 3. Загальний вигляд удосконаленої розпилювальної сушарки СУМ-1,5

Висновки

Проведений комплекс робіт з удосконалення промислової розпилювальної сушарки СУМ-1,5 надав можливість встановити раціональні теплотехнологічні режими розпилювального сушіння солодових екстрактів та отримати з різних видів солодових екстрактів сипкі однорідні порошки низької кінцевої вологості ($\leq 2\%$) і тривалого терміну зберігання (до 2 років).

Встановлено, що з підвищенням температури вихідного екстракту до 40...60°C і температурних режимів сушіння досягається достатньо висока продуктивність сушарки за випареною вологою і збільшення виходу порошку до 93—95% при збереженні всіх цінних складових екстракту і зниженні енерговитрат на одиницю готової продукції.

Отриманий досвід удосконалення сушарки СУМ-1,5 доводить необхідність урахування властивостей таких складних об'єктів розпилювального сушіння при виробництві у промислових умовах сухої форми солодових та інших екстрактів з аналогічними властивостями.

Література

1. Бакулина О. Н. Развитие пищевых технологий: использование растительных экстрактов. *Пищевая промышленность*. Москва, 2007. Т. 5. С. 32—33.
2. Новые продукты диетического и лечебного питания для беременных женщин и детей / Е. М. Лукьянова и др.; под ред. Е. М. Лукьяновой. Киев: Наукова думка, 1991. 144 с.
3. Малецкая К. Д., Заритовская А. Г., Турчина Т. Я. Особенности технологии получения порошков солодовых экстрактов для обогащения хлебопродуктов. *Наукові праці. ОНАХТ*, 2001. № 21. С. 276—279.
4. Турчина Т. Я. Кинетика процессов тепловлагодпереноса при сушке капель термопластичных материалов — солодовых экстрактов. *Промышленная теплотехника*, 2010. Т. 32, № 3. С. 43—49.
5. Технологія солодових екстрактів, концентратів квасного суслу і квасу / Н. О. Ємельянова та ін.; за ред. Н. О. Ємельянової. К.: ІСДО, 1994. 152 с.
6. Ефремов Г. И. Макрокинетика процессов переноса. Кинетика химико-технологических процессов с твердой фазой и отделики волокнистых материалов. Москва: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2001. 289 с.
7. Галактионов С. Г., Никифорович Г. В., Перельман Т. Л. Диффузия в сложных молекулярных структурах / под ред. Т. Л. Перельмана. Минск: Наука и техника, 1974. 240 с.
8. Рудобашта С. П. Массоперенос в системах с твердой фазой. Москва: Химия, 1980. 248 с.
9. Турчина Т. Я. Теплотехнічний аналіз розпилювальних сушарок для виробництва порошкової форми солодових екстрактів. *Наукові праці. ОНАХТ*, 2012. Вип. 41, Т. 1. С. 73—76.
10. Долинский А. А., Малецкая К. Д. Распылительная сушка.: в 2 т. Т. 1: Теплофизические основы. Методы интенсификации и энергосбережения. Киев: Академперіодика, 2011. 376 с.

УДК 621.182-12:664

NEW TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE
PREPARATION OF WATER FOR HOT WATER BOILERS
AND THERMAL SYSTEMS

U. Porzhezinsky

National University of Food Technologies

Key words:

Deaeration

Oxygen

Sodium sulfite

Filtre

Phosphonate

Article history:

Received 03.12.2019

Received in revised form

19.12.2019

Accepted 13.02.2020

Corresponding author:

U. Porzhezinsky

E-mail:

pvladyslav@ukr.net

ABSTRACT

The article considers methods of water deoxygenation for hot water boilers and thermal systems.

In chemical deaeration of water sodium sulfite is dosed into water, where it chemically reacts with oxygen dissolved in water. Disadvantages of sodium sulfite are associated with insufficient rate of its reaction with oxygen. To eliminate these drawbacks the modified solutions of sodium sulfite catalyzed by salts of cobalt and copper are used.

It is proposed more reasonable, from technical and economic point of view, new technology of chemical water deaeration with mono solution of sodium sulfite, with a following filtration through Redox-K filter. Filter is used as the catalyst of the reaction of oxygen with sodium sulfite. The filter is loaded by the granular catalytic filter material — redoxit. The paper presents the results of industrial use of new technology — deoxygenation of water with the catalytic filter and principle of operation of the filter. The research has shown the reliability and efficiency of the proposed technology. The principal technological schema of chemical deaeration of water with Redox-K filter is proposed.

Implementation of a new chemical water deaeration technology based on catalytic Redox-K filter provides an economical and reliable operation of the preparation of water scheme for the hot water boiler and thermal system.

The basic properties of phosphonites are considered and their use in the washing of thermal systems from deposits is proposed.

The paper presents the results of the industrial use of the method of stabilization of water.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-12

НОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ПІДГОТОВЦІ ВОДИ ДЛЯ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ І ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Ю. Г. Поржезінський

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто методи знекиснення води для водогрійних котлів і теплових мереж. З'ясовано, що при хімічній деаерації води сульфід натрію дозується у воду, де вступає в хімічну реакцію з киснем води. Визначено недоліки сульфїту натрію, пов'язані з недостатньою швидкістю і повнотою його реакції з киснем. Для усунення цих недоліків використано модифіковані розчини сульфїту натрію, каталізовані солями кобальту та міді.

Запропоновано більш раціональну з техніко-економічної точки зору нову технологію хімічної деаерації води монорозчином сульфїту натрію в стехіометричній кількості з подальшою фільтрацією через каталітичний Redox-K фільтр, що використовується як каталізатор реакції кисню з сульфїтом натрію. Фільтр завантажений зернистим каталітичним фільтруванням матеріалом — редокситом.

Наведено результати промислових випробувань нової технології знекиснення води з каталітичним фільтром і описано принцип роботи фільтра. Дослідження довели надійність і ефективність запропонованої технології. Розроблено принципову технологічну схему хімічної деаерації води з Redox-K фільтром. Упровадження нової хімічної деаерації води на основі каталітичного Redox-K фільтра забезпечує економічну і надійну роботу схеми підготовки води для водогрійних котлів і теплових мереж.

Розглянуто основні властивості фосфонатів, запропоновано їх використовувати при відмивці теплових мереж від відкладень. Наведено результати виробничих досліджень використання стабілізаційного методу обробки води.

Ключові слова: деаерація, кисень, сульфід натрію, фільтр, фосфонат.

Постановка проблеми. Водогрійні котли широко застосовуються в різних галузях народного господарства, зокрема і на підприємствах харчової промисловості. На деяких цукрових заводах при зупинці виробництва цукру включають у роботу водогрійну котельню для потреб заводу і опалення заводського поселення.

Для знекиснення живильної води водогрійних котлів і підживлювальної води теплових мереж використовується деаерація води, яка може бути хімічною і термічною з вакуумними деаераторами. При застосуванні хімічної деаерації води замість термічної відпадає потреба витратити теплоту на нагрів води, зменшуються витрати електроенергії та габарити приміщення, тому пропонується для водогрійних котелень хімічна деаерація, що більш економічна, проста та надійна в експлуатації. Зарубіжні фірми поставляють жаротрубні водогрійні котли з хімічною деаерацією води, а в дахових котельнях установка вакуумного деаератора просто неможлива.

Для хімічної деаерації води застосовується сульфід натрію, який при взаємодії з киснем переходить у добре розчинний нейтральний сульфат натрію, що знаходиться у природних водах, і в тому числі у питній воді:



Недоліки сульфит натрію пов'язані з недостатньою швидкістю і повнотою реакції його з киснем. Швидкість реакції залежить від температури води і надлишку реагенту. Для усунення цих недоліків використовуються модифіковані розчини сульфиту натрію, каталізовані солями кобальту та міді — метабісульфіт і гіпосульфит натрію, що значно збільшують вартість розчину порівняно з монорозчином. Надходження у воду каталізаторів (кобальту та міді) 0,25% можуть спровокувати електрохімічну корозію поверхонь нагріву [1].

Центральне опалення в Україні існує вже більше 80 років. Поверхні трубопроводів мають багатолітні нашарування різного походження. Основним механізмом внутрішньої корозії є електрохімічна корозія з утворенням гальванічних елементів, яка відбувається під шаром відкладень. Для захисту трубопроводів теплових мереж необхідно відмити старі відкладення, зруйнувати гальванічні пари і створити на відмитих трубах захисну плівку.

Для цього в наш час використовують фосфонати. В кінці 90 років ХХ ст. цю технологію почали впроваджувати в системах теплофікації та гарячого водопостачання. Нормативна база не дає змогу використовувати воду без пом'якшення на натрій катіонітових установках для підживлювання теплових мереж, тому така технологія, що іменується стабілізаційною обробкою води, проваджується на малих котельнях.

На основі експериментальних даних було встановлено, що доза фосфонатів залежить від температури води, показника рН, накипоутворювальних властивостей води, що характеризуються карбонатним індексом. Доза збільшується при збільшенні температури води. Дія фосфонатів визначається їх адсорбцією на активних центрах мікрозародків кристалів CaCO_3 , тому концентрація конкретного фосфонату повинна бути приблизно пропорційна кількості накипу, що утворився. І визначення необхідної дози фосфонату повинно підбиратись для води з максимальним наближенням до реальних теплотехнічних умов [4]. Такі препарати для стабілізаційного методу на основі метабісульфіту натрію та похідних фосфорної (фосфонової) кислоти виробляють в м. Запоріжжі.

Класичним прикладом пом'якшення води є іонно-обмінний метод, але в наш час більш перспективним є стабілізаційні методи, що дають змогу в комплексі запобігати утворенню, накипу та корозії металів, і, в разі необхідності, відмити вже сформовані застарілі відкладення.

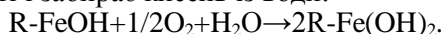
Мета дослідження: запропонувати нові, економічні прості рішення при хімічній деаерації води із застосуванням каталітичного Redox-K фільтра, визначити доцільність і можливість стабілізаційного методу обробки води теплових мереж.

Викладення основних результатів дослідження. Більш раціональним з технічно-економічної точки зору є нова, запропонована технологія хімічної деаерації води монорозчином сульфит натрію в стехіометричній кількості концентрацією 10—15% з подальшою фільтрацією через Redox-K фільтр. Фільтр використовується як каталізатор прискорення реакції окислення сульфиту натрію. Фільтр завантажений зернистим каталітичним фільтруючим матеріалом — редокситом [2].

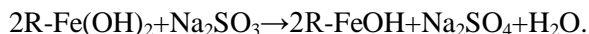
Редоксит — це органічно-мінеральне з'єднання, що виготовляється на основі катіоніту КУ2-8. У форму катіоніту вводяться і закріплюються на поверхні зерен

іони заліза із змінною валентністю, які виконують каталітичну функцію. Редоксит має високу ємність за киснем 3500 мг-екв/кг і максимальну робочу температуру 123°C [3].

Ємність за киснем залежить від різних факторів: вмісту у воді, що обробляється після Na-катіонування, солей жорсткості та іонів металів, значення рН вихідної води та режиму експлуатації Redox-K фільтра (швидкості фільтрування, температури). При нестачі сульфату натрію у воді редоксид проявляє буферні властивості і забирає кисень із води:



При надлишку має місце процес відновлення півтораокису заліза до закисної форми:



Буферні властивості редокситу стабілізують процес підготовки води.

Таблиця 1. Результати виробничих досліджень роботи установок хімічної деаерації води з каталітичним фільтром у котельнях теплових мереж

Значення параметра	Назва міста				
	Дніпропетровськ	Житомир		Луганськ	Кривий Ріг
Продуктивність по підживлювальній воді, м ³ /год: мінімальна максимальна	0,6	2	7	1	0,6
	5	20	80	10	5
Об'єм каталітичного фільтрувального матеріалу, м ³	0,085	3,3	3,2	0,165	0,085
Норма довантаження на рік, не більше, %	5				
Термін роботи, опалувальний період, місяць	3	2		1	1
Вміст кисню у воді після установки, мкг/дм ³	5—20	10—30			
Нормативне значення вмісту кисню в мережній та підживлювальній воді водогрійних котлів і теплових мереж, мкг/дм ³	30—50				
Температура води перед установкою хімічної деаерації води з каталітичним фільтром, °C	10—20	2—40		5—10	25—30

Таблиця 2. Технічні вимоги до води, що поступає на Redox-K фільтр

Найменування параметра	Одиниці виміру	Значення
Загальна жорсткість, не більше	мг-екв/л	0,1—0,2
Механічні домішки	мг/л	не допускається
Вміст хлоридів, не більше	мг/л	250
Вміст розчинного кисню	мг/л	не нормується
рН, не менше	—	6,5
Температура min max	°C	5 40—60
Робочий тиск min max	МПа	0,2 0,6

Виробничі дослідження показали надійність та ефективність роботи запропонованої технології, вилучення кисню на поверхні зернистого матеріалу каталізатора відбувається за 2—3 секунди. Концентрація кисню у воді знижувалась після Redox-K фільтра до 10—30 мкг/л при допустимій нормі для теплових мереж 50 мкг/л.

Нова технологія знекиснення води економічна (монорозчин сульфату натрію в кілька разів дешевший за модифікований розчин), не забруднює теплові мережі солями кобальту та міді, що викликають електрохімічну корозію. Нова технологія знекиснення води з каталітичним Redox-K фільтром запроваджена фірмою «Нафтохімекологія» в теплових мережах м. Мелітополя (продуктивність 80 м³/год), Житомира (60 м³/год), Білої Церкви, Дніпропетровська та ін.

На рис.1 представлена принципова технологічна схема хімічної деаерації води з Redox-K фільтром.

Пом'якшена вода після Na-катіонітових фільтрів з баку 1 насосом 2 проходить через Redox-K фільтр 8 зверху вниз і подається в теплову мережу 9 чи на водогрійні котли. Із збільшенням опору шару редокситу Redox-K фільтр спускається потоком пом'якшеної води з низу в гору по лінії 10. При спусканні фільтра підживлювальна вода проходить через байпасний трубопровід 6.

Для прискорення процесу розчинення сульфату натрію у воді розчин перемішується циркуляційним насосом 5. Витратомір 7 має імпульсний вихід на контролер, насос дозатор 4 подає сульфат натрію в трубопровід подачі води на фільтр пропорційно витраті води.

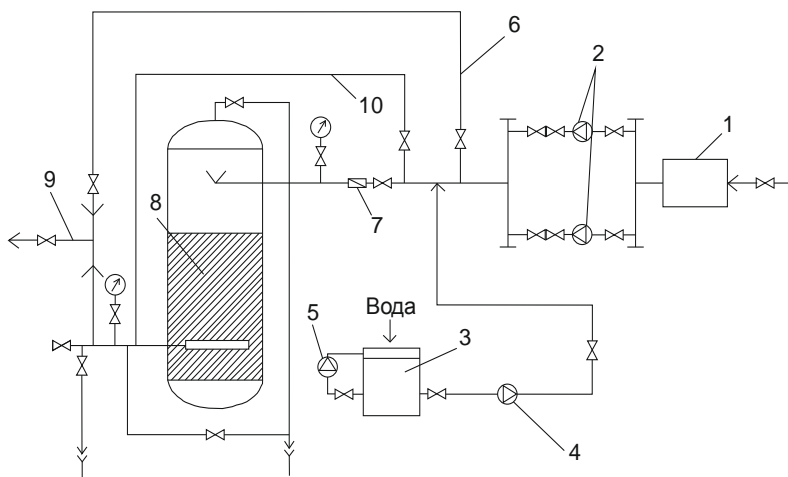


Рис. 1. Схема установки каталітичного фільтра: 1 — бак запасу пом'якшеної води; 2 — підживлювальні насоси; 3 — бак для приготування розчину сульфату натрію; 4 — насос дозатор; 5 — рециркуляційний насос; 6 — байпасна лінія; 7 — витратомір; 8 — Redox-K фільтр; 9 — подача води до теплової мережі, до котла; 10 — подача води при спусканні фільтра

З 2008 р. на підприємствах «Житомиртеплокомуненерго» згідно з рекомендаціями почали відмивку теплових мереж із застосуванням фосфонатів. На водопідготовці зм'якшували воду на Na-катіонітних фільтрах, вилучали кисень при хімічної деаерації води із застосуванням Redox-K фільтра і добавляли у воду фосфонати. Безпосередньо перед мережевими насосами були встановлені магнітні шламовідокремлювачі з автоматичним скиданням шламу конструкції НДПІ «Водоочисні технології» м. Северодонецьк. Це забезпечило відсутність заносу труб водогрійних котлів шламом.

Протягом кількох діб після початку дозування реагентів спостерігалось помутніння мережевої води і зростання концентрації в ній заліза до 3—5 мг/л. У процесі відмивання старих відкладень почали виявлятися пошкодження трубопроводів, що закривались продуктами корозії. Виявлені пошкодження усувались, а нові не з'являлись через зменшення корозії. Таким чином зменшилась витрата підживлювальної води на підприємствах, що сприяло зменшенню витрати газу та солі для регенерації Na-катіонітних фільтрів, також зменшилась витрата електроенергії. Так, у котельнях, де була повністю відмита мережа від відкладень, економія електроенергії складала 20—30% завдяки зменшенню втрат напору на тертя в трубопроводах.

Співробітники фірми «Нафтохімекологія» та «Житомиртеплокомуненерго» провели виробничі дослідження теплових мереж з водогрійними котлами типу ВК-32 і Колві-1500 з дозуванням у підживлювальну воду суміші реагентів PuroTech 11 (водний розчин сульфату натрію з каталізатором) і PuroTech 10 (водний розчин фосфонатів і фосфатів) в об'ємному співвідношенні 10:1 із загальною витратою 250—300 г/м³ підживлювальної води.

Після закінчення опалювальних сезонів 2008—2010 рр. був проведений внутрішній огляд жаротрубних котлів ВК-32 і Колві-1500 в котельні Слобідська, 17 (м. Житомир), де проводився експеримент впровадження стабілізаційних методів обробки води. Поверхні нагріву котлів не мали слідів накипу і корозії, в шламовідокремлювачах накопичилось багато шламу. Відбулася відмивка старих відкладень з поверхні нагріву котлів, трубопроводів теплових мереж і частково опалювальних пристроїв споживачів. Різко зменшились розриви трубопроводів теплових мереж.

Середня питома витрата газу для котельні і теплових мереж, що використовували стабілізаційний метод обробки води склав 159,6 кг у. п. на 1 Гкал виробленої теплоти, а для котельні з тепловими мережами при використанні води з обробкою стандартними методами — 169,29 кг у. п. на 1 Гкал. Питома витрата електроенергії становить 23,44 кВт/год на 1 Гкал, проти 29,3 кВт/год на 1 Гкал [5].

Висновки

1. Впровадження нової технології хімічної деаерації води на основі каталітичного Redox-K фільтра забезпечує економічну і надійну роботу схеми знекиснення води для водогрійних котлів і теплових мереж.

2. Для теплових мереж рекомендується застосовувати хімічну деаерацію води з Redox-K фільтром і корекційною протинакипною обробкою води фосфонатами.

3. Необхідні нові методи хімічної підготовки води (стабілізаційна обробка води) для систем центрального тепlopостачання, що дасть змогу підвищити енергоефективність систем теплофікації.

Література

1. Поржезінський Ю. Г., Рибалка С. І. Нові технологічні рішення в хімічній деаерації води. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2010. № 32. С. 19—20.

2. Патент України на корисну модель № 33315. Застосування нерозчинного у воді складного радикала іоніту як каталізатора процесу окиснення сульфїту киснем. Власник НВО «Нафтохімтехнологія», чинний від 10.06.2008.

3. Поржезінський Ю. Г., Осадчий М. М. Дослідження процесу хімічної деаерації води на основі редокситу. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2009. № 28. С. 88—89.

4. Ковалєва Н. Е., Рудакова Г. Я. Теория и практика применения комплексонов для обработки воды. *Новости теплоснабжения*. 2002. № 3. С. 18—21.

5. Вітковський В., Павленко П., Бужинський В. та ін. Промивка теплових мереж профілактика появи накипних відкладень — ефективний спосіб енергозбереження в системах теплофікації. *Комунальне господарство*. 2014. № 4. С. 15—17.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL PHLEGM NUMBER FOR THE RECTIFICATION COLUMN OF A CYCLE DISTILLATION AND COMPARING IT TO A STATIONARY COLUMN

O. Shevchenko, O. Bedrick

National University of Food Technology

V. Maleta

Maleta Cyclic Distillation LLC OÜ, Parnu mnt 130-38, 11317 Tallinn, Estonia

Key words:

*Cyclic distillation
Distillation column
Optimal reflux number
Bioethanol
Mathematical modeling*

Article history:

Received 09.12.2019
Received in revised form
24.12.2019
Accepted 17.02.2020

Corresponding author:

O. Shevchenko

E-mail:

tmipt@ukr.net

ABSTRACT

Production and use of biofuels, which are almost inferior to gasoline, have increased recently. It is known that more than 50% of alcohol is used for technical purposes. Experimental studies in the field of ethanol distillation show that the process of component separation has considerable potential. As a mechanism for intensifying the process of improving the efficiency of mass-exchange equipment, such as a distillation column, the method of cyclic distillation with phase separation is successfully used. A quantitative comparison of the traditional distillation mode with the cyclic distillation mode was carried out by mathematical modeling of both modes, which showed the relationship between the main process parameters.

To determine the optimal ratio between capital and operating costs, the optimum value of the phlegm number is used as a minimum of the functional dependence of the conditional volume of the column on the phlegm number. With the increase of the phlegm number, the number of plates decreases and the ratio of the number of plates in the exhaust and concentration parts of the column is redistributed. According to the results of mathematical modeling of the distillation column, in the production of bioethanol, with a distillate concentration of 95% vol. and a feed concentration of 10% vol. the dependence of the number of plates of the column on the value of the phlegm number is obtained. The optimum phlegm ratio for cyclic distillation is 25% less than the traditional one, with a conditional column volume of 2.2 times less for cyclic distillation. The economic effect of increasing the efficiency of the separation of cyclic distillation is redistributed between the savings of steam and the number of plates of the distillation column. The calculations showed maximum steam savings of up to 30% with a 1.5-fold reduction in the number of plates, and no steam savings with a 2.6-fold reduction in the number of plates.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ФЛЕГМИ ДЛЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ЦИКЛІЧНОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ ТА ПОРІВНЯННЯ ЙОГО ІЗ СТАЦІОНАРНИМ

О. Ю. Шевченко, О. В. Бедрик

Національний університет харчових технологій

В. М. Малета

Maleta Cyclic Distillation LLC OÜ, Parnu mnt 130-38, 11317 Tallinn, Estonia

Останнім часом зросло виробництво та використання біопалива, яке практично не поступається бензину. Відомо, що більше 50% спирту використовується з технічною метою. Проведені експериментальні дослідження в галузі дистиляції етанолу показують, що процес розділення компонентів має значний потенціал. Як механізм інтенсифікації процесу на шляху підвищення ефективності масообмінного обладнання, наприклад ректифікаційної колони, успішно використовується метод циклічної дистиляції з роздільним рухом фаз. Проведення кількісного порівняння традиційного режиму дистиляції з циклічним було здійснене за допомогою математичного моделювання обох режимів, при якому відображався взаємозв'язок між основними параметрами процесу.

Для визначення оптимального співвідношення між капітальними та поточними витратами використовується оптимальне значення флегмового числа як мінімуму функціональної залежності умовного об'єму колони від флегмового числа. Із збільшенням флегмового числа зменшується кількість тарілок і відбувається перерозподіл співвідношення кількості тарілок у вичерпній і концентраційній частинах колони. За результатами математичного моделювання ректифікаційної колони, при виробництві біоетанолу, за умови концентрації дистиляту 95% об. та концентрації живлення 10% об. отримана залежність кількості тарілок колони від величини флегмового числа. Оптимальне флегмове число для циклічної дистиляції на 25% менше за загальноприйняте, при умовно-му об'ємі колони в 2,2 раза менше для циклічної дистиляції. Економічний ефект від підвищення ефективності розділення циклічної дистиляції перерозподіляється між економією пари та кількістю тарілок ректифікаційної колони. Розрахунки показали максимальну економію пари до 30% при зменшенні кількості тарілок в 1,5 раза та відсутність економії пари при зменшенні кількості тарілок в 2,6 раза.

Ключові слова: *циклічна дистиляція, ректифікаційна колона, оптимальне флегмове число, біоетанол, математичне моделювання.*

Постановка проблеми. Проектування масообмінних колонних апаратів зводиться до визначення їхніх технологічних і конструктивних характеристик. Для визначення оптимального співвідношення між капітальними та поточними витратами визначається оптимальне значення флегмового числа як мінімуму функціональної залежності умовного об'єму колони від флегмового числа [2].

Проведені експериментальні дослідження дистиляції показують, що процес розділення, який проводиться традиційним методом, не дає повністю розкрити можливості установки при розділенні бінарної суміші [5]. Для підвищення ефективності масообмінного обладнання в останні роки успішно використовується метод циклічної дистиляції з роздільним рухом фаз. Циклічна дистиляція продемонструвала обнадійливі результати як при виробництві біоетанолу, так і при виробництві харчового спирту [3; 4; 6]. Промислове впровадження технології циклічної дистиляції стає можливим при демонстрації переваг останньої при порівнянні обох режимів. Для цього було проведено математичне моделювання, де отримав своє відображення взаємозв'язок і співвідношення між основними параметрами обох режимів, що слугує надійним фундаментом для розкриття сутності та розуміння причин збільшення ефективності розділення для циклічної дистиляції.

Мета дослідження: проведення кількісного порівняння традиційного режиму дистиляції з циклічним за допомогою математичного моделювання обох режимів, при якому відображався б взаємозв'язок між основними параметрами процесу.

Матеріали і методи. В основі математичної моделі бінарної суміші «етанол-вода» лежить коміркова модель В. М. Малети [1], яка надає можливість дослідити масообмінні процеси в колонних апаратах. Об'єктом математичного моделювання обрали ректифікаційну колону, як один із елементів технологічного процесу при виробництві біоетанолу. Заданий діапазон параметрів ректифікаційної колони становить: продуктивність заводу 3000 дал/добу; концентрація живлення 10% об., концентрація дистиляту на виході з колони 95% об., втрата етанолу з лютером — 0,015% об. Мінімальне число флегми становить $R_{\min}=2,5$. Колона працює при атмосферному тиску. Результати моделювання представлені в табл. 1, де N визначає кількість теоретичних тарілок циклічної дистиляції, причому дріб показує співвідношення вичерпної внизу та концентраційної зверху частин ректифікаційної колони. Розрахунки циклічної дистиляції проводили числовими методами, а традиційної дистиляції — графічним. Зображення обох процесів у координатах Y — X показано на рис. 1, 2, 3.

Таблиця 1. Результати моделювання ректифікаційної колони

Концентрація дистиляту — 95% об. Концентрація живлення — 10% об. $R_{\min}=2,5$													
N	$18 \frac{8}{10}$	$17 \frac{8}{9}$	$16 \frac{7}{9}$	$15 \frac{7}{8}$	$14 \frac{7}{7}$	$13 \frac{6}{7}$	$12 \frac{6}{6}$	$11 \frac{6}{5}$	$10 \frac{5}{5}$	$9 \frac{5}{4}$	$8 \frac{5}{3}$	$7 \frac{5}{2}$	$6 \frac{4}{2}$
R	2,53	2,55	2,6	2,7	2,8	2,95	3,2	3,6	4,4	4,9	6,5	9,4	13,2

Результати і обговорення. Максимально можливу інтерпретацію результатів розрахунків зіставлених процесів зображено на рис. 1 в координатах $N = f(R)$, на

рис. 2 — в координатах $N(R+1) = f(R)$, на рис. 3 — в координатах $1 - (R_{CD}+1)/(R_{TS}+1) = f(R)$. При цьому індекси CD відносяться до циклічної дистиляції, а TS — до традиційної дистиляції, $N(R+1)$ — це умовний об'єм колони або величина капітальних витрат на її виготовлення, $R_{TS}+1$ — витрата пари стаціонарного процесу, $R_{CD}+1$ — витрата пари циклічного процесу, $1 - (R_{CD}+1)/(R_{TS}+1)$ — економія пари (в частках) для циклічного процесу.

Рис. 1 є базовим [2]. Для циклічного режиму крива залежності теоретичних тарілок від флегми проходить значно нижче, ніж для стаціонарного режиму. Визначення $R_{\text{опт}}$ для обох режимів показано на рис. 2. Крім того, що умовний об'єм колони $N(R+1)$ зменшений у декілька разів, оптимальне значення $R_{\text{опт}}$ зміщене в бік менших величин на 25%.

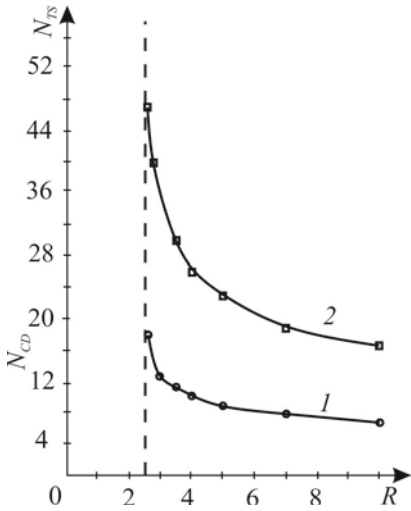


Рис. 1. Залежності теоретичних тарілок N від величини флегми R для дистиляту концентрації 95% об.:
крива 1 відноситься до теоретичних тарілок циклічної дистиляції;
крива 2 — до теоретичних тарілок традиційної дистиляції

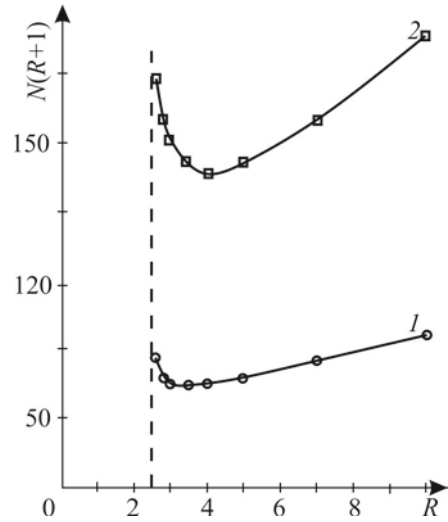


Рис. 2. Визначення оптимального флегмового числа:
крива 1 — циклічний процес; крива 2 — стаціонарний процес

Як показали попередні розрахунки, збільшення ефективності розділення компонентів для циклічної дистиляції виражається через зменшення енерговитрат і зменшення кількості тарілок. На рис. 3 зображено кількісний, обернено пропорційний зв'язок між цими величинами залежно від величини флегмового числа.

Ліва вісь графіка є функцією відносного зменшення витрати пари для циклічної дистиляції, $1 - (R_{CD}+1)/(R_{TS}+1) = f(R)$, лінія — 1. Права вісь графіка — функція відношення кількості тарілок стаціонарного процесу до циклічного $N_{TS}/N_{CD} = f(R)$, лінія — 2.

Сукупність цих двох закономірностей показує можливі варіанти числових співвідношень перерозподілу результатів підвищення ефективності циклічного

процесу між кількістю тарілок та економією пари при різних варіантах роботи апарата. Наприклад: у діапазоні зміни флегми від 2,5 до 4 кількість пари зменшується від нуля до 30%, при зменшенні кількості тарілок в 2,5 раза без економії пари та при зменшенні кількості тарілок у 1,5 раза при економії пари в 30%. Для фіксованого флегмового числа 3,5 кількість пари зменшується на 10%, а кількість тарілок в 2,3 раза.

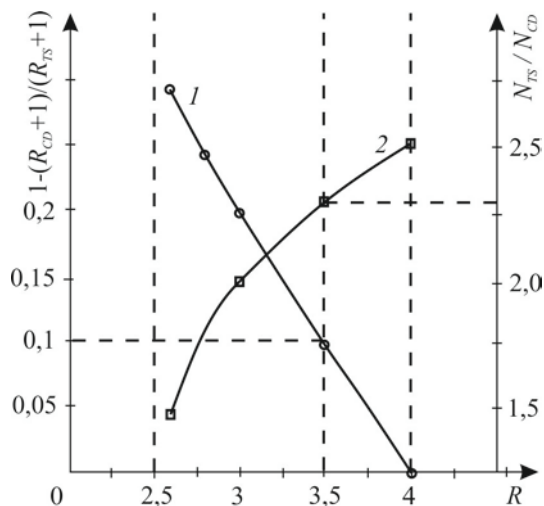


Рис. 3. Залежність критеріїв ефективності циклічного процесу з економії витрати пари та зменшення кількості тарілок від величини флегми:

лінія 1 — крива економії витрати пари;

лінія 2 — крива відношення кількості тарілок стаціонарного процесу до циклічного

Висновки

За результатами математичного моделювання ректифікаційної колони, при виробництві біоетанолу, за умови концентрації дистиляту 95% об. та концентрації живлення 10% об. отримана залежність кількості тарілок колони від величини флегмового числа. Тенденції впливу технологічних параметрів на роботу колони не змінюються порівняно з традиційною дистиляцією. Із збільшенням флегмового числа зменшується кількість тарілок і відбувається перерозподіл співвідношення кількості тарілок у вичерпній та концентраційній частинах колони. При цьому суттєвим показником підвищення ефективності циклічного процесу є загальна кількість тарілок, яка в 1,5—2,5 раза менша за стаціонарний.

Економія енергетичних витрат, при порівнянні обох режимів, демонструє оптимальне значення числа флегми. Оптимальне флегмове число для циклічної дистиляції на 25% менше за загальноприйняте при умовному об'ємі колони в 2,2 раза менше для циклічної дистиляції.

Перерозподіл ефективності циклічної дистиляції між економією пари та кількістю тарілок у ректифікаційній колоні показав значення економії пари від 0 до 30% для кількості тарілок від 2,6 до 1,5 раза менше за відповідне значення економії пари.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малета В. Н. Интенсификация процесса массообмена при циклической работе аппаратов пищевых производств. Дис. ... канд. техн. наук. Киев, 1988. 172 с.
2. Цыганков П. С. Ректификационные установки спиртовой промышленности. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 336 с.
3. Kiss A. A. Cyclic distillation — towards energy efficient binary distillation / Anton A. Kiss, Servando J. Flores Landaeta and Edwin Zondervan // Proceedings of the 22nd European Symposium on Computer Aided Process Engineering, 17—20 June 2012, London.
4. Lancer I., Kummel M. Hydrodynamic model of controlled cycling in tray columns. *Chem. Eng. Science*. 1979. V. 34. P. 455—462.
5. Levis W. K. Rectification of binary mixtures. *Ind. Eng. Chem.* 1936. V. 28, № 4. P. 399—402.
6. Maleta B. Pilot-Scale Studies of Process Intensification by Cyclic Distillation / B. Maleta, A. Shevchenko, O. Bedryk, A. Kiss. *Chemical Engineers AIChE Journal*, 61: 2581—2591, 2015.

ENERGY MATERIAL IMPULSES IN GAS-LIQUID MEDIA

A. Sokolenko, K. Vasylykivsky, S. Litvynchuk

National University of Food Technologies

Key words:

Gas-liquid medium
Momentum
Quasielasticity
Aeration
Rigidity
Mass
Energy
Thermodynamics

Article history:

Received 10.12.2019
Received in revised form
26.12.2019
Accepted 17.02.2020

Corresponding author:

A. Sokolenko
E-mail:
mif63@i.ua

ABSTRACT

The article deals with the peculiarities of energy-material transformations in gas-liquid media by the example of technologies of aerobic digestion of sugar-containing media. Under these conditions, the system is characterized by the combination of three components of material flows, namely: the nutrient medium, the main liquid medium with microorganisms and the air flow to create modes of aeration. In this case, the nutrient medium in the form of the solution of sugars is a carrier of chemical energy potential, and the incoming air stream is a source of mechanical energy. Determining the relationships between them is the purpose of the study.

Materials and methods. The study presents mathematical formalizations concerning material and energy transformations that are components of general aerobic fermentation technology, determination of the role of gas-holding capacity as a driving factor in the creation of circulating circuits in gas-liquid systems and their energy characteristics, peculiarities of gas formation.

Research results. It is shown that the presence of circulating circuits in systems with manifestations of hydrostatic pressure at the saturation of the liquid fraction of nitrogen is accompanied by the processes of absorption and desorption of the gas phase with influence on the overall level of hydrodynamic state and the intensity of mass transfer processes.

Conclusions. It is proposed to determine the rigidity parameter of a quasielastic medium in the form of the ratio of force to deformation caused by this force. The given mass of the liquid phase as distributed is determined according to the Rayleigh principle in accordance with the equivalence position of kinetic energies. The mathematical model of the elastic system in the form of the D'Alembert-Lagrange motion equation leads to the possibility of determining the relations between the power, kinematic and energy parameters of quasielastic gas-liquid systems.

The presence of proposals to determine the latter allows us to proceed to the evaluation of reactions of gas-liquid systems to external interferences in attempts to intensify mass transfer processes.

ЕНЕРГОМАТЕРІАЛЬНІ ІМПУЛЬСИ В ГАЗОРІДИННИХ СЕРЕДОВИЩАХ

А. І. Соколенко, К. В. Васильківський, С. І. Літвинчук
Національний університет харчових технологій

У статті описано особливості енергоматеріальних трансформацій у газорідних середовищах на прикладі технологій аеробного зброджування цукровмісних середовищ. За таких умов система характеризується сукупністю трьох складових матеріальних потоків: живильного середовища, основного рідинного середовища з мікроорганізмами і повітряного потоку для створення режимів аерації. При цьому живильне середовище у формі розчину цукрів є носієм хімічного енергетичного потенціалу, а вхідний повітряний потік — джерелом механічної енергії, визначення співвідношень між якими складає мету дослідження.

Наведено математичні формалізації, які стосуються матеріальних і енергетичних трансформацій, що є складовими загальної технології аеробного бродіння, визначення ролі газотримувальної здатності як рушійного фактора у створенні циркуляційних контурів у газорідних системах і їх енергетичних характеристик, особливостей утворення диспергованої газової фракції.

Показано, що наявність циркуляційних контурів у системах з проявами гідростатичного тиску за насиченості рідинної фракції азотом супроводжується процесами абсорбції і десорбції газової фази з впливом на загальний рівень гідродинамічного стану та інтенсивність масообмінних процесів.

Визначено роль диспергованої газової фази як пружної складової газорідного середовища, що дає змогу оцінювати останнє на рівні квазіпружного. Це стимулювало пошуки таких динамічних параметрів пружних систем, як жорсткість, приведені маси, рушійні фактори зовнішніх впливів і фактори опору.

Запропоновано параметр жорсткості квазіпружного середовища визначати у формі відношення силової дії до деформації, яка дією цієї сили викликається. Приведена маса рідинної фази як розподілена визначається за принципом Релея відповідно до положення еквівалентності кінетичних енергій. Математична модель пружної системи у формі рівняння руху Д'Аламбера-Лагранжа приводить до можливості визначення співвідношень між силовими, кінематичними і енергетичними параметрами квазіпружних газорідних систем.

Наявність пропозицій щодо визначення останніх дає змогу перейти до оцінки реакції газорідних систем на зовнішні втручання у спробах інтенсифікації масообмінних процесів.

Наведено результати щодо деформації газорідних систем, швидкостей таких деформацій, оцінок частот власних коливань і енергетичних витрат на їх створення.

Теоретичні узагальнення приводять до пропозиції використання ефективного методу інтенсифікації енерго- і масообмінних процесів за рахунок змінних тисків у газових надрідинних об'ємах середовищ.

Ключові слова: газорідне середовище, імпульс, квазіпружність, аерація, жорсткість, маса, енергія, термодинаміка.

Постановка проблеми. Метою створення газорідинних систем у харчових і мікробіологічних середовищах є влаштування масо- і енергообмінних процесів на користь здійснення технологічних завдань різних ступенів складності. Інтенсивність перебігу всієї сукупності процесів залежить від швидкості трансформації матеріальних складових з ймовірністю загального обмеження найменш швидкоплинним процесом. При цьому зовнішнє додаткове втручання в систему бажано мати таким, що сприяє інтенсифікації всіх складових процесів. На прикладі технологій аеробного бродіння кількість складових процесів досягає показників у 8...10 одиниць і з їх переліку на найбільшу увагу заслуговують можливості інтенсифікувати процес розчинення кисню на межі поділу рідинної і газової фракції [1; 2]. Останнє пояснюється тим, що саме кисень має обмежену розчинність у воді та її розчинах, яка до того ж, відповідно до закону Генрі, лімітується тиском і температурою середовища. На користь швидкості розчинення кисню впливають також величина міжфазної поверхні і гідродинамічний режим. Це означає, що принципове значення має не лише показник газоутримувальної здатності системи, а й ступінь дисперсності газової фракції в рідинній. У свою чергу, газоутримувальна здатність є похідною кількісного показника вхідного газового потоку і швидкості спливання газової фази та геометричних параметрів від початку рідинної фракції, а потім всього газорідинного середовища [3; 4]. В значній кількості випадків інтенсивність аерації середовища оцінюється відношенням вхідного газового потоку в $\text{м}^3/\text{с}$ до об'єму рідинної фракції [5] в м^3 , що жодним чином не стосується геометрії середовища і не відповідає запитам оцінки гідродинаміки і рівнів масообмінних процесів. Для виправлення цього недоліку пропонується звертатися до показника приведеної швидкості газового потоку у формі його відношення до площі поперечного перерізу технологічного апарата [6].

Оскільки продуктивність апаратів мікробіологічного синтезу часто обмежується динамікою розчинення кисню, то це є причиною пошуків методів інтенсифікації, коли на заводі стоять значні об'єми середовищ та їх дисипативні властивості. Без сумніву такі задачі потребують нових підходів, в яких можливим має бути ефективне втручання в загальний об'єм середовища. Водночас енергетична «вартість» такого втручання має бути мінімальною.

Мета дослідження: поєднання і розв'язання наведених задач на основі відповідних теоретичних пошуків з огляду на те, що газорідинні середовища розглядаються як квазіпружні системи [2; 7].

Матеріали і методи дослідження ґрунтуються на положеннях феноменологічного аналізу, закономірностях розчинності газів у рідинних фазах середовищ, положеннях, що стосуються гідродинаміки газорідинних систем, законах Архімеда, Паскаля, взаємодій газових і рідинних потоків та положеннях термодинаміки.

Викладення основних результатів дослідження. Газорідинні середовища в харчових, хімічних і мікробіологічних середовищах утворюються за рахунок примусового введення газової фракції в рідинну або за рахунок самогенерування в останній діоксиду вуглецю [8; 9].

У технологіях аеробного зброджування цукровмісних середовищ забезпечення рідинної фракції розчиненим киснем здійснюється за рахунок подавання і диспергування в ній стиснутого повітря. При цьому рівень стискання залежить

від гідростатичного тиску рідинної фракції на координаті введення повітря з незначним запасом енергетичного потенціалу на створення диспергованої газової фракції. За таких умов потужність вхідного потоку газової фракції визначається залежністю:

$$N = k_3 PV, \text{ Вт}, \quad (1)$$

де k_3 — коефіцієнт запасу потужності; P — тиск газової фракції, Па; V — об'ємний потік повітря, м³/с.

Утворення диспергованої газової фракції здійснюється у результаті взаємодії газових потоків з рідинною фракцією, а результат такої взаємодії визначається рівнем дисперсності. Відомо, що енергія ізотермічного утворення одиниці поверхні на межі з іншою фракцією визначається через величину поверхневого натягу σ [9; 10]. Тоді стосовно поверхні S маємо:

$$E_\phi = \sigma S, \text{ Дж}, \quad (2)$$

а перехід до швидкості утворення поверхні поділу фази S дає змогу оцінити потужність цього процесу:

$$N_\phi = \sigma \dot{S}, \text{ Вт}. \quad (3)$$

У загальній оцінці вхідний енергетичний потік газової фази на додаток до названого потенціалу утворення міжфазної поверхні витрачається на утворення кінетичної енергії перемішування середовища і стосується потенціальної енергії набухлого шару газорідинного середовища та потенціальної енергії розчиненого газу.

Енергетичний потенціал перемішування середовища пропонується визначати з урахуванням того, що швидкість спливання газової фракції w є стабілізованою і це означає рівність рушійній архімедових сил і сил опору середовища. Сумарна архімедова сила визначається через газотримувальну здатність u [9]:

$$P_{\text{руш}} = \rho_{\text{рід}} u g, \text{ Н}, \quad (4)$$

де $\rho_{\text{рід}}$ — питома маса рідинної фракції, кг/м³.

Швидкість точок прикладання розподіленої рушійної сили визначається як швидкість спливання бульбашок диспергованої газової фракції, а тому потужність цього процесу:

$$N_{\text{руш}} = P_{\text{руш}} w = \rho_{\text{рід}} u g w, \text{ Вт}. \quad (5)$$

Наприклад, за значень параметрів $\rho_{\text{рід}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, $w = 0,3 \text{ м/с}$ та $u = 20 \text{ м}^3$ маємо:

$$N_{\text{руш}} = 1000 \cdot 20 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 58860 \text{ Вт} = 58,86 \text{ кВт}.$$

Насичення рідинної фракції азотом і в меншій мірі киснем залежить від тиску і значення констант Генрі. Перемішування газорідинної суміші у вертикальній площині супроводжується змінним гідростатичним тиском і змінними напрямками абсорбції та десорбції з утворенням і зникненням додаткової диспергованої газової фази.

Граничний енергетичний перехід по розчиненому азоту наближений до кількості розчиненого газу у всьому об'ємі рідинної фракції V_p :

$$E_{N_2} = V_p C_{N_2} P_c, \text{ Дж}, \quad (6)$$

де P_c — тиск рідинної фази на відмітці координати її центра тяжіння; C_{N_2} — стала насичення середовища азотом, кг/м^3 .

Зростання потенціальної енергії набухлого шару пов'язане з газотримувальною здатністю і об'ємом газорідинного шару $V_{г.р.}$:

$$V_{г.р.} = V_p + u, \text{ м}^3. \quad (7)$$

При цьому положення центра тяжіння системи зростає на величину Δh :

$$\Delta h = \frac{V_p + u}{2f}, \text{ м}, \quad (8)$$

де f — площа поперечного перерізу газорідинного середовища, м^2 .

Сукупність наведених показників енергетичних складових відповідає гідродинамічному стану, вирішальна роль у якому належить газотримувальній здатності. Очевидно, що остання залежить від геометрії рідинного шару у вимірах площі поперечного перерізу і висоти, об'ємних витрат газового потоку і швидкості спливання газової фази. З точки зору інтересів інтенсивного масообміну значення мають рівень дисперсності газової фази і її природні властивості, температура середовища, співвідношення між швидкостями розчинення і споживання кисню мікроорганізмами. Динаміка розчинення кисню відображується залежністю [1; 2]:

$$\frac{dM_{O_2}}{d\tau} = k_M F (c_n - c_\tau), \text{ кг/с}, \quad (9)$$

де k_M — коефіцієнт масопередачі, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$; c_n — концентрація кисню за стану насичення; c_τ — плинна концентрація O_2 , кг/м^3 ; F — площа поверхні масопередачі, м^2 .

Пошуки можливостей інтенсифікації масообмінних процесів звичайно пов'язують з додатковим введенням у середовище енергії у формі механічного перемішування. Однак дисипативні властивості газорідинних систем приводять до обмеженої ефективності локальних зон енерговведення. Збільшення кількості таких зон ситуацію покращує. З цієї точки зору для об'ємних реакторів найвищий рівень ефективності пов'язується з використанням імпульсних змін тиску в газовій надрідинній фазі. Такий підхід можливо вважати певним відгалуженням технологій дискретно-імпульсних впливів. Однак в останньому випадку використовується поступове накопичення енергетичних потенціалів з наступним їх швидкоплинним спрацюванням, що відповідає енергетичним потенціалам високої потужності. Частіше це стосується теплотехнічних систем.

Перевагою технологій змінних тисків у надрідинних об'ємах є те, що такі впливи мають відповідні реакції у всьому об'ємі та кожна бульбашка змінює об'єм і площу міжфазної поверхні. Перехід до статусу квазіпружного середовища означає можливість оцінок впливів амплітуд і частот на зміну тиску з пошуком наближень до режимів резонансів.

Наявність газової складової, що реагує на зміни тисків у системі, приводить до деформацій всього середовища. Останнє відображується змінами його загального об'єму під силовою дією, що дає змогу визначити відповідне співвідношення у формі поняття жорсткості в механічних системах.

Поглиблене вивчення гідродинаміки взаємодії газорідних систем з зовнішніми впливами і збуреннями надає можливість оцінити перспективи інтенсифікації масообміну і разом з тим впливи на мікрофлору, задіяну в процесі.

Останнє може мати подвійний наслідок. Для випадків накопичення біомаси мікроорганізмів в інтересах технологій є їх активація, підвищення якісних показників, збільшення виходу. Аналогічні результати очікуються і у випадках мікробіологічних технологій, за різних видів бродіння тощо. Подібні багатопланові перспективи досить часто зорієнтовані на однакові методи обробки середовищ.

Аналіз результатів досліджень приводить до висновку про доцільність цілеспрямованого введення додаткових енергетичних потоків у зону утворення міжфазної поверхні у формі пульсацій, створення додаткових силових потенціалних полів, організованої гідродинаміки тощо.

Розглянемо фіксований об'єм газорідного середовища, що знаходиться в режимі безперервної аерації. Хоча таке середовище є безумовно динамічним, однак його показники, що стосуються газотримувальної здатності, гідродинаміки тощо залишаються на рівні, який можна вважати умовно стабільним. Це припущення дає змогу вважати газорідне середовище умовно пружним, відносно якого можливо застосувати методи опору матеріалів і динаміки матеріальних систем.

Розглянемо перебіг процесів у такій системі за умови зростання зовнішнього тиску (рис. 1). Очевидно, що за наявності газової фази в початковому об'ємі u_1 за зростання зовнішнього тиску від початкового значення P_1 до P_2 диспергована газова фаза зменшується в об'ємі до u_2 з проявом певних пружних властивостей.

За аналогією з механічними системами розглянемо масив газорідної системи як середовище, що підлягає одновісному стисканню під дією зовнішньої сили PF , де F — площа перерізу масиву. В результаті такого процесу висота шару зменшиться від величини h_1 до h_2 , а абсолютна деформація складе:

$$\Delta h = h_1 - h_2, \text{ м.} \quad (10)$$

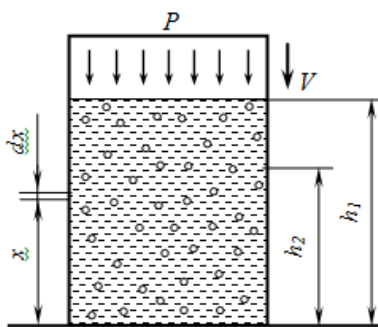


Рис. 1. Розрахункова схема до випадку впливів змін зовнішнього тиску на динаміку газорідної системи

Відношення силової дії до величини лінійної деформації середовища назовемо жорсткістю системи c :

$$c = \frac{PF}{\Delta h} = \frac{PF}{h_1 - h_2}, \text{ Н/м.} \quad (11)$$

Значення h_1 та h_2 визначимо за формулами:

$$h_1 = \frac{V_{\text{рід}} + u_1}{F}; \quad h_2 = \frac{V_{\text{рід}} + u_2}{F}, \text{ м.} \quad (12)$$

Тоді отримано:

$$\Delta h = \frac{V_{\text{рід}} + u_1}{F} - \frac{V_{\text{рід}} + u_2}{F}, \text{ м.} \quad (13)$$

З умови ізотермічного процесу випливає:

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{P_1}{P_2}; \quad u_2 = u_1 \frac{P_1}{P_2}, \text{ м}^3. \quad (14)$$

Підстановкою (14) у рівняння (13) одержуємо:

$$\Delta h = \frac{V_{\text{рід}} + u_1}{F} - \frac{V_{\text{рід}} + u_1 \frac{P_1}{P_2}}{F} = \frac{u_1 (P_2 - P_1)}{P_2 F}, \text{ м.} \quad (15)$$

Тоді з урахуванням рівняння (11) жорсткість системи складає:

$$c = \frac{P_2^2 F^2}{u_1 (P_2 - P_1)}, \text{ Н/м.} \quad (16)$$

З теорії коливань відомо, що жорсткість системи є однією із складових, що визначає її власну частоту коливань, а іншою впливовою складовою виступає маса. В нашому випадку остання має розподілений по висоті шару характер. В такому випадку здійснюється перехід до приведеної маси.

Очевидно, що для випадку газорідинної системи можливо знехтувати масою газової фази і в приведеній врахувати тільки масу рідинної фази.

Визначення приведених мас здійснюється на принципі еквівалентності кінетичних енергій. В нашому випадку скористаємося способом Релея для системи сталого перерізу F , що підлягає стисканню для представлення її у вигляді зібраної маси, а квазіпружні властивості відобразимо негагомим пружним зв'язком (рис. 1).

На висоті x виділимо елементарну ділянку висотою dx .

Кінетична енергія виділеного елемента:

$$dE_k = \frac{F \rho v_x^2}{2} dx, \quad (17)$$

де ρ — густина газорідинної суміші; v_x — швидкість руху елементарного об'єму.

Якщо швидкість руху шару на висоті h_1 позначимо через v , то при $F = \text{const}$ можливо прийняти:

$$v_x = \frac{vx}{h_1}.$$

Тоді одержуємо:

$$dE_k = \frac{F \rho v^2}{2 h_1^2} x^2 dx, \quad (18)$$

а повна кінетична енергія системи —

$$E_k = \int_0^{h_1} \frac{F \rho v^2}{2h_1^2} x^2 dx = \frac{F \rho v^2 h_1}{6} = \frac{mv^2}{6}, \quad (19)$$

де m — маса газоріднинної системи.

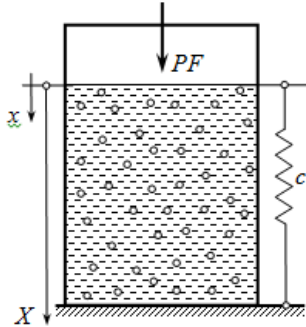


Рис. 2. Розрахункова система квазіпружної моделі газоріднинного середовища

Кінетична енергія приведеної до перерізу з висотою h_1 маси записується у формі:

$$E_{к.пр} = \frac{m_{пр} v^2}{2}. \quad (20)$$

За умовою приведення мас $E_k = E_{к.пр}$ записуємо:

$$\frac{m_{пр} v^2}{2} = \frac{mv^2}{6}. \quad (21)$$

Звідси визначаємо приведену масу ріднинної фази:

$$m_{пр} = \frac{m}{3}. \quad (22)$$

За наявності математичних формалізацій, якими відображуються приведені жорсткість газоріднинної суміші і маса ріднинної фракції модель перехідного процесу деформації системи під дією тиску $P = \text{const}$ при $t_{(к)} \rightarrow 0$ за початкового тиску P_0 записується у формі, що відповідає розрахунковій системі по рис. 2:

$$m_{пр} \ddot{x} = PF + m_{пр} g - cx. \quad (23)$$

Перехід до форми, придатної до інтегрування, дає змогу записати:

$$\ddot{x} + \frac{c}{m_{пр}} x = \frac{PF}{m_{пр}} + g. \quad (24)$$

Звідси отримаємо:

$$x = A \sin \sqrt{\frac{c}{m_{пр}}} t + B \cos \sqrt{\frac{c}{m_{пр}}} t + \frac{PF}{c} + \frac{gm_{пр}}{c}, \text{ м.} \quad (25)$$

Сталі інтегрування A та B визначаємо за початкових умов:

$$t_{(n)} = 0; \quad x_{(n)} = \frac{P_0 F + gm_{пр}}{c}; \quad \dot{x}_{(n)} = 0. \quad (26)$$

Тоді $\frac{P_0 F}{c} + \frac{g m_{np}}{c} = B + \frac{g m_{np}}{c} + \frac{P F}{c}$;

$$B = \frac{P_0 F}{c} - \frac{P F}{c} = \frac{F}{c} (P_0 - P). \quad (27)$$

Диференціювання умови (25) надає можливість записати:

$$\dot{x} = A \sqrt{\frac{c}{m_{np}}} \cos \sqrt{\frac{c}{m_{np}}} t - B \sqrt{\frac{c}{m_{np}}} \sin \sqrt{\frac{c}{m_{np}}} t, \text{ м/с} \quad (28)$$

і звідси $A = 0$.

Підстановкою сталих інтегрування в умову (25) одержуємо:

$$x = \frac{P F + g m_{np}}{c} + \frac{F}{c} (P_0 - P) \cos \sqrt{\frac{c}{m_{np}}} t, \text{ м.} \quad (29)$$

З урахуванням рівняння (16) отримуємо:

$$x = \frac{u_1 (P - P_0)}{P^2 F^2} \left(P F + g m_{np} + F (P_0 - P) \cos \sqrt{\frac{P^2 F^2}{u_1 m_{np} (P - P_0)}} t \right), \text{ м.} \quad (30)$$

Швидкість деформації газорідного шару визначається залежністю:

$$\dot{x} = \frac{u_1 (P - P_0) (P_0 - P)}{P^2 F} \sqrt{\frac{P^2 F^2}{u_1 m_{np} (P - P_0)}} \sin \sqrt{\frac{P^2 F^2}{u_1 m_{np} (P - P_0)}} t, \text{ м/с.} \quad (31)$$

Значенню $\dot{x}_{(к)} = 0$ відповідає умова:

$$\sqrt{\frac{P^2 F^2}{u_1 m_{np} (P - P_0)}} t_{екс} = \pi, \quad (32)$$

де $t_{екс}$ — екстремальний час завершення деформації середовища.

$$t_{екс} = \pi / \sqrt{\frac{P^2 F^2}{u_1 m_{np} (P - P_0)}}, \text{ с.} \quad (33)$$

Знайденому значенню $t_{екс}$ відповідає умова:

$$\cos \sqrt{\frac{P^2 F^2}{u_1 m_{np} (P - P_0)}} t_{екс} = -1$$

і екстремальне значення деформації середовища:

$$x_{екс} = \frac{u_1 (P - P_0)}{P^2 F} (P F + g m_{np} + F (P - P_0)), \text{ м.} \quad (34)$$

Тоді приріст деформації в результаті перехідного процесу під дією тиску P складе:

$$\Delta x = x_{екс} - x_{(н)}, \text{ м,} \quad (35)$$

а зміна об'єму ΔV газорідного середовища становитиме:

$$\Delta V = \Delta x F = (x_{екс} - x_{(н)}) F, \text{ м}^3. \quad (36)$$

Визначені параметри надають можливість оцінити енергетичні витрати, пов'язані зі стабілізацією тиску в системі:

$$E_{\text{ст}} = \Delta V (P - P_0) = (x_{\text{екс}} - x_{\text{п}}) F (P - P_0), \text{ Дж.} \quad (37)$$

Запропонована математична модель у частині, що стосується приведеної жорсткості і приведеної маси, означає можливість визначити частоту власних коливань газорідинної системи:

$$\omega = \sqrt{\frac{P^2 F^2}{u_1 m_{\text{пр}} (P - P_0)}}, \text{ с}^{-1}. \quad (38)$$

Очевидно, що останнє забезпечує узгодження останніх з частотою зовнішніх впливів з метою наближення до резонансних зон та інтенсифікації таким чином масообмінних і енергообмінних процесів.

Розглянутий етап стискання газорідинного середовища завершується максимальною деформацією $x_{(к)} = x_{\text{max}}$ і кінцевою швидкістю $\dot{x}_{(к)} = 0$. Якщо на цей момент припинити дію збурюючої сили PF і перевести в рамки значення $P_0 F$, то розпочнеться зворотний процес зростання об'єму системи під дією потенціалу стиснутої газової фази. Розширення останньої на рівні газових бульбашок означає потужний силовий вплив, який визначається через приріст Δu газотримувальної здатності, приріст міжфазної поверхні і створення нової за рахунок часткової дегазації. Важливо, що і перший, і другий етапи можуть бути цілком контрольованими за рахунок забезпечення обраних законів змін тисків, а швидкоплинність другого етапу забезпечує гарантовану наявність енергетичного імпульсу високого рівня. Перехід до режимів імпульсних впливів на газорідинні середовища забезпечить підвищення продуктивності, зниження питомих енергетичних витрат і відповідну економічну ефективність.

Висновки

Будь-яку газорідинну систему з наявністю в ній розчиненої та диспергованої газової фракції можливо розглядати як квазіпружну і таку, що відгукується на зміни тисків у газовому надрідинному об'ємі. Пружні властивості такої системи визначаються величиною газотримувальної здатності, яка залежить від фізико-хімічних властивостей рідинної і газової фаз, геометрії середовища вхідного або самогенерованого потоку газової фази, особливостей циркуляційних контурів тощо.

Запропоновано пружні властивості газорідинних середовищ визначати параметром жорсткості у формі відношення силової дії до деформації, яка дією цієї сили викликається. Приведену масу рідинної фракції доцільно визначати за принципом Релея.

Математична модель пружної системи у формі рівняння Д'Аламбера-Лагранжа надає можливість знайти співвідношення між силовими і кінематичними параметрами, деформаціями та енергетичними характеристиками зовнішніх впливів.

Запропонована технологія інтенсифікації масообмінних процесів у сукупності з математичним обґрунтуванням відкриває перспективи їх наукового і прикладного використання.

Література

1. Палаш А. А. Підвищення ефективності і удосконалення обладнання для культивування мікроорганізмів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / Палаш Анатолій Анатолійович; НУХТ. Київ, 2011. 20 с.
2. Піддубний В. А. Наукові основи і апаратурне оформлення перехідних процесів харчових і мікробіологічних виробництв: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / Піддубний Володимир Антонович; НУХТ. Київ, 2007. 299 с.
3. Sokolenko A., Koval O. Process parameters of aerobic synthesis of microorganisms: scientific development and achievements. London: *SCIEMCEE*, 2018. Volume 5. P. 319—333.
4. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях: монографія / Соколенко А.І., Мазаракі А.А., Шевченко О.Ю. та ін. Київ: Фенікс, 2001. 536 с.
5. Технологія спирту: підруч. / Маринченко В. О., Домарецький В. А., Шиян П. Л. та ін. Київ, 2003. 496 с.
6. Енергоматеріальні потоки харчових і мікробіологічних виробництв: монографія / Соколенко А. І., Піддубний В. А., Васильківський К. В. та ін. Київ: Кондор, 2016. 326 с.
7. Шевченко О. Ю. та ін. Особливості трансформацій матеріальних і енергетичних потоків у бродильних середовищах. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т. 23, № 3. С. 107—115.
8. Інтенсифікація енерго- і масообмінних процесів у культуральних середовищах бродильних і мікробіологічних виробництв: монографія / Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Васильківський К.В. та ін. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. 212 с.
9. Intensification of energy and mass exchange processes in fermentation technologies: monograph / Sokolenko A., Shevchenko O., Vasykivskyi K. and other. Pleven: Mediateh, 2018. 145 p.
10. Соколенко А. І., Піддубний В. А., Чагайда А. О. Енергоматеріальні трансформації в харчових технологіях на основі замкнутих контурів: монографія. Київ: Кондор, 2015. 300 с.

УДК 532

DYNAMIC ENERGY RESONANCES IN THE DIFFRACTION GRATING SYSTEM

N. Medvid

National University of Food Technologies

O. Gnatovskiy

Institute of Physics National Academy of Sciences of Ukraine

Key words:

Correlation interaction of fields
Periodic structures
Intensity modulation
Diffraction resonances
Switching of optical channels

Article history:

Received 03.12.2019
Received in revised form 19.12.2019
Accepted 13.02.2020

Corresponding author:

Y. Onyshchenko

E-mail:

yaroslav_onyshchenko@ukr.net

ABSTRACT

The possibilities of a system of phase diffraction gratings for the formation of diffraction orders and a way to control their intensity in the desired angular orders are considered. The purpose of the work was to determine the parameters of such systems to obtain the desired changes in the resulting angular spectrum, provided that the energy is effectively converted.

A correlation mechanism of diffraction resonance formation was developed when its field is formed due to the interference of several components from different periodic distributions of complex amplitude that form a synthesized resultant field at the original aperture of the system. We used a computer program to calculate the field for a complex system of sequentially placed diffraction gratings with various variable parameters. In particular, they are profile of phase relief, transverse and longitudinal displacements of system components and the periodicity of the component fields.

The possibility of using an artificial hologram as a diffraction grating for the purpose of optical information processing is considered. The energy pumping measure for the basic configurations of the diffraction system has been determined as well as the conditions under which almost complete energy pumping can be achieved in the near axial orders. The experimental setup reproduced the conditions and parameters of the values used for simulation. The measured values of the intensity when changing the tuning parameters confirm the calculated data.

The obtained results make the basis for their further use in metrological devices and for controlling the spatial and angular distribution of laser energy at technological targets.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-15

ДИНАМІЧНІ РЕЗОНАНСИ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ ДИФРАКЦІЙНИХ РЕШІТОК

Н. В. Медвідь

Національний університет харчових технологій

О. В. Гнатовський

Інститут фізики НАН України

У статті розглянуто можливості системи фазових дифракційних решіток для утворення дифракційних порядків і керування їх інтенсивністю в потрібних кутових порядках. Визначено параметри таких систем для одержання необхідних змін результуючого кутового спектра за умови ефективного перетворення енергії.

Розвинуто кореляційний механізм формування дифракційного резонансу, поле якого утворюється внаслідок інтерференції кількох складових від різних періодичних розподілів комплексної амплітуди, що утворюють синтезоване результуюче поле на вихідній апертурі системи. Використовувалась комп'ютерна програма розрахунків поля для складної системи з послідовно розміщених дифракційних решіток з різноманітними змінними параметрами, зокрема профілем фазового рельєфу, поперечним і повздовжнім переміщенням компонент системи та періодичністю складових полів.

Розглянуто можливість застосування як дифракційної решітки штучної голограми з метою обробки оптичної інформації. Визначено величини перекачки енергії для базових конфігурацій дифракційної системи і наведено умови, за яких можна досягнути майже повної перекачки енергії в найближчих приосьових порядках. Експериментальна установка відтворювала умови та параметри величин, що використовувались для розрахунків. Виміряні величини інтенсивності при зміні параметрів настройки підтверджують розрахункові дані.

Одержані результати є підґрунтям для їх подальшого використання в метрологічних пристроях і для керування просторовим та кутовим розподілом лазерної енергії на технологічних мішенях.

Ключові слова: *кореляційна взаємодія полів, періодичні структури, модуляція інтенсивності, дифракційні резонанси, переключення оптичних каналів.*

Постановка проблеми. Як правило, решітки розглядаються за умови їх освітлення плоскою хвилею (хоча можливі й інші схеми), тому в основі математичного опису кутового спектра для дифракційного поля окремої решітки лежить згортка простої δ -функції з однозначно визначеним Фур'є образом функції розподілу комплексної амплітуди поля по апертурі саме цієї, окремо взятої решітки [1; 2].

Ми ж розглядаємо випадок, пов'язаний із системою решіток. Досліджується проходження вхідного пучка скрізь декілька решіток або ж проходження декількох пучків скрізь одну решітку, або ж обидва такі варіанти разом. Такі ситуації призводять до включення механізму інтерференції дифракційних резонансів для пучків різного походження та інтенсивності, пов'язаних зі змінами фази

хвильових фронтів, механічними зміщеннями елементів схеми, зміною кутів «вторинних» пучків тощо. Це означає заміну початкового розподілу комплексної амплітуди окремої решітки на певний «синтезований» розподіл поля на вихідній апертурі системи і перехід до «кореляційного» типу взаємодії полів різного походження всередині системи, коли певне поле системи відтворюється іншим, складним полем.

Також варто звернути увагу на певну аналогію наведених передумов із двоступінчастістю голографічних перетворень полів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробка ефективних дифракційних модуляторів лазерного випромінювання залишається актуальним і складним технічним завданням, попри всі досягнення дифракційної оптики [3]. Ця проблема близька до розробок кореляційної і голографічної методик, в яких також приділяється увага відносній простоті та доступності відповідних модулаторів та вимірювачів [4; 5]. Крім того, наводяться нові результати досліджень у цьому напрямку, що спираються на кореляційний принцип відтворення кожного елемента дифракційної схеми складним, інформаційно значущим сигналом. Вивчалися системи з періодичними багат шаровими фазовими структурами, які об'єднуються в блоки з декількох, послідовно розміщених дифракційних решіток.

Взагалі, дифракція оптичних пучків на амплітудо-фазових дифракційних решітках (в т. ч. голографічних) вже багато часу вивчається в класичній оптиці [1]. Отримані результати можуть бути використані для реалізації як наукових, так і промислових завдань. Для прикладу, застосування ефекту Тальбота [6], інтерферометра Vorse-Hart [7], муарового інтерферометра [8] стали попередньою основою при створенні новітніх нейтронних інтерферометрів у дослідженнях структури і властивостей зразків, для проведення високоточних вимірювань при скорення вільного падіння тощо.

Але у дослідженнях функціональна роль дифракційної решітки обмежується її статичною роллю транспаранта з періодичним комплексним розподілом амплітуди на апертурі.

Метою дослідження є аналіз перетворень світлових пучків системою статичних дифракційних елементів за умови їх збудження складними полями, що призводить до появи динамічних факторів змін енергії дифракційних резонансів у цій системі.

Матеріали і методи. Теоретичні передумови, використані для подальшого чисельного моделювання, базуються на відомих співвідношеннях хвильової оптики.

Теорема про зміщення [1; 2]

$$\hat{F}\{f(x-a)\} = \hat{F}\{f(x)\} \cdot \exp(2\pi i \xi a) \quad (1)$$

пов'язує зміну фази коливань поля $\exp(2\pi i \xi a)$ в кутовому спектрі окремої решітки після її поперечного зсуву на величину a , тобто визначає механізм керування інтерференційним накладанням полів у дифракційних порядках сукупності решіток.

Зв'язок між розподілами полів [9] у площинах для двох послідовно розміщених на відстані z решіток $U(\xi, \eta, 0)$ та $U(x, y, z)$:

$$U(x, y, z) = \frac{kz}{2\pi i} \iint_{-\infty}^{+\infty} U(\xi, \eta, 0) \frac{\exp\left[ik\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + z^2}\right]}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + z^2}} d\xi d\eta \quad (2)$$

першого поля $U(\xi, \eta, 0)$ та другого поля $U(x, y, z)$ для площин на відстані z .

У рамках скалярної теорії дифракції на основі співвідношення (2) можна розрахувати поле в площині P_2 , що розміщена на досить великій віддалі Z_1 відносно початкової площини P_1 з відомим розподілом поля (3, 4). Таку операцію можна повторювати декілька разів для послідовно розміщених каскадів, які включають площину P_n і відстань Z_n до наступної площини P_{n+1} . Відповідно, були розроблені комп'ютерні програми обчислень амплітуди і фази вихідного поля для різноманітних комбінацій решіток, їх розміщень у дифракційній кореляційній схемі, при різних умовах налаштування окремих елементів.

У дослідженні використовувались розподіли: вхідні, утворені інтерференційним полем *int.* та фазовою решіткою *rect.*:

$$\begin{aligned} P_{int.} &= \sin(2\pi N_f x / A + \Delta\phi); \\ P_{rect.} &= \exp\left[(i\pi / 2) \cdot \text{sgn}(\sin(2\pi N_f / A))\right] \end{aligned} \quad (3)$$

та поля, перетворювані фазовими решітками синусоїдального та прямокутного профілю:

$$\begin{aligned} M_{\text{sin}i} &= \exp\left(i\frac{m}{2}(\sin(2\pi N_i x / A))\right); \\ P_{\text{rect}j} &= \exp\left[(i\pi / 2) \text{sgn}(\sin(2\pi N_j x / A))\right], \end{aligned} \quad (4)$$

де величина N визначає кількість періодів поля на апертурі A , значення m у подальшому фігурує в позначеннях решіток ($M=m=1, 36$ тощо).

Походження пучків із змінними амплітудами і фазами не має значення для їх подальшої інтерференції і визначається лише практичною задачею і зручністю її розв'язку.

Викладення основних результатів дослідження. Перевірка числового моделювання здійснювалась за допомогою експериментальної схеми, яка відтворювала умови, показані на рис. 1. Вони полягають у накладанні двох кутових спектрів дифракційної решітки, які зміщені один відносно іншого відповідно до кута між вхідними променями I_1 та I_2 . Розподіли енергії в спектрах однакові, але фази коливань поля різні і вони будуть змінюватися при поперечному зсуві решітки, а амплітуди полів — при зміні співвідношення інтенсивності I_1 та I_2 .

Отже, випромінювання гелій-неонового лазера світлоподільним пристроєм розщеплювалось на два пучки з рівномірним розподілом енергії по перетину пучка. Кут сходження пучків забезпечував ширину інтерференційних смуг у межах 10...30 смуг на апертурі A , що становила 4 мм. Відстань між решітками була в межах 20...40 мм. Одержані кутові спектри за допомогою телекамери записувались і оброблялись на ЕОМ.

Решітки, які використовувались у дослідах, виготовлялись шляхом запису інтерференційного поля на голографічних фотопластинках з подальшим їх відбілюванням. Відібрані решітки проходили тестування на їх якість за виглядом кутового спектра, тобто в плоскій хвилі. Це давало змогу визначати глибину їх

фазового рельєфу по співвідношенню інтенсивності в дифракційних максимумах вищих порядків. Виміряні періоди решіток, відстань між ними та до об'єктиву, що здійснював Фур'є перетворення полів, їх глибина модуляції в подальшому використовувались для розрахунків з метою зіставлення результатів.

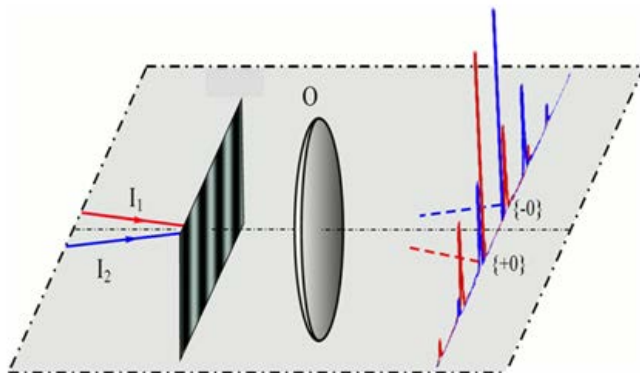


Рис. 1. Принцип накладання кутових спектрів різного походження

У цьому дослідженні розглядаються початкові варіанти кореляційних резонансних схем, адже вони є своєрідними «цеглинками», з яких складаються більш ефективні конфігурації для подальших практичних застосувань. Дослідження доцільно починати зі схеми з однієї решітки, яка освітлюється двома плоскими хвилями.

Були одержані такі результати числових експериментів:

а). *Одна синусоїдальна (SIN) решітка та два вхідні пучки.* Застосування кореляційного підходу до звичайної дифракційної решітки (освітлення її неплоскою хвилею, а більш складним інтерференційним полем з двох плоских хвиль) одразу ж відкриває динамічні аспекти при її використанні. Передусім відкривається можливість здійснювати ефективну перекачку енергії між дифракційними порядками кутового спектра решітки (в напрямках пучків, що інтерферують) за умови її поперечного зсуву відносно інтерференційного поля [4; 10]. Із збільшенням глибини фазової модуляції решітки до оптимуму майже повна перекачка відбувається з коефіцієнтом корисної дії (ККД) близько 65%, решта енергії концентрується у вищі порядки.

Також у цьому найпростішому випадку вже спостерігається «обернення перекачки». Тобто домінуючий дифракційний порядок із збільшенням глибини фазової модуляції міняється своєю роллю з попередньо пригніченим порядком. Хоча такий ефект відбувається з ККД меншим за 50%.

Ілюстрація ефекту перекачки енергії для описаного випадку показана на рис. 2(b) або 2(c). Наведені розрахунки для ситуацій: (а) збігу екстремумів для розподілів полів решітки (червоний колір) та інтерференційного поля (синій). Далі показаний поперечний зсув розподілу решітки ліворуч на чверть його періоду (b), ще нижче на чверть періоду праворуч (c), як це зображено на рис. 2 (колонка 1).

Розрахунки проводились для решітки із синусоїдальним профілем фазового рельєфу (4) глибиною модуляції $M=1,36$, яка була розміщена в інтерференційному полі (3) з контрастністю смуг рівною одиниці (рівні за інтенсивністю пуч-

ки). Період інтерференційного поля N_{int} вдвічі менший за період розподілу поля решітки N_{sin} . Кількість смуг інтерференційного поля на діючій апертурі становила десять, а кількість періодів розподілу поля решітки — двадцять.

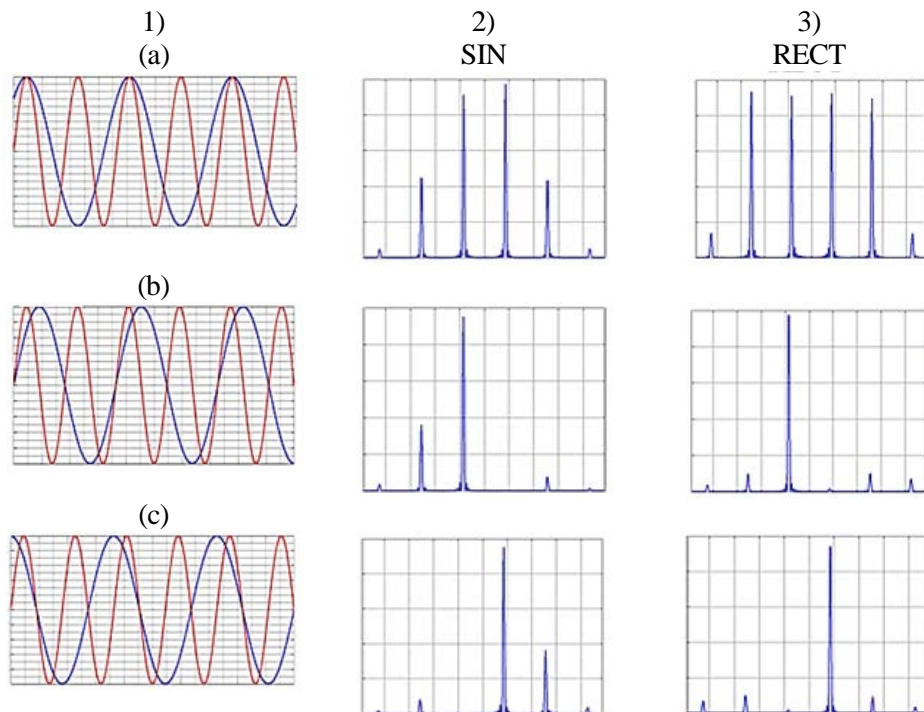


Рис. 2. Співвідношення енергій «+0» та «-0» дифракційних порядків решіток різного фазового профілю для їх різних (а) — (с) поперечних зсувів відносно інтерференційного поля

b). Прямокутна (*Rect*) та синусоїдальна (*Sin*) решітки. Громіздку схему інтерферометра, що забезпечує утворення інтерференційного поля, доцільно замінити на простіший фазовий транспарант, що забезпечує досить ефективне утворення двох пучків. Найбільш простий з них — це фазова дифракційна решітка з меандровим профілем і глибиною модуляції в π радіан (3, 4). Відповідно до цього, в колонці RECT для рис. 2 наводяться ілюстрації перекачки енергії, коли інтерференційне поле замінюється полем після решітки з прямокутною формою фазового рельєфу. Параметри синусоїдальної решітки для обох випадків (колонки SIN, RECT для рис. 2 залишались однаковими. ККД перетворення в обох випадках складало, відповідно, 65% та 70%. В той же час співвідношення енергій для вищих дифракційних порядків досить відмінні.

Підсумовуючи, можна зауважити, що цілком природним елементарним оптичним елементом для кореляційних підсилень дифракційних резонансів можна вважати систему з двох дифракційних решіток, що розділяються шаром простору. При освітленні плоскою хвилею перша решітка служить генератором (мультиплікатором) вхідних пучків. Вони далі інтерферують з пучками, що утворює друга решітка. Динаміка змін енергії відбувається при поперечних або повздов-

жніх зсувах однієї решітки відносно іншої, що пов'язано зі зміною фази парціальних пучків від першої решітки.

Зміни в кількості вторинних полів, їх амплітуди і фази при різноманітних зсувах решіток, а також зміна просторового розподілу фази вхідних пучків при повздовжньому зсуві решіток дають дуже багато варіантів для кожного дифракційного резонансу в результуючому кутовому спектрі системи. Тут доцільна аналогія між двопучковою та багатопучковою (порядку десяти) інтерференцією.

с). *Дві синусоїдальні решітки.* Узагальнення попередніх випадків призводить до дифракційного кореляційного каскаду з двох синусоїдальних решіток, що збуджується плоскою хвилею, або ж інтерференційним полем.

На рис. 3 плоска хвиля збуджує дві однакові синусоїдальні решітки. Параметри решіток: $H_{1,2}=20$; глибина модуляції $M_{1,2}=1,67$; Відстань між решітками $Z=8$. Наведені кутові спектри для випадків: А — результуючого кутового спектра без поперечного зсуву між решітками, в якому домінує центральний нульовий дифракційний порядок; Б — ілюструє випадок зсуву другої решітки на чверть її періоду щодо першої. Повністю зникає центральний «0» порядок і водночас зростає «-1» порядок з ККД до 60%. Цей приклад показує, що система решіток може мати ККД майже вдвічі вищий, ніж він є для однієї окремої решітки. Цей факт може бути корисним для голографічних схем обробки інформації.

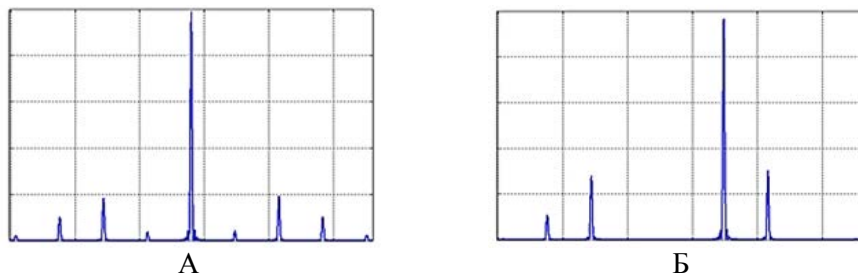


Рис. 3. Плоска хвиля освітлює дві синусоїдальні решітки:

А — кутовий спектр без поперечного зсуву між решітками;
Б — зсув другої решітки на чверть періоду відносно першої

Далі, для порівняння, на рис. 4 наведемо приклад кутового спектра системи з двох синусоїдальних решіток з глибиною фазової модуляції $M_{1,2}=0,8$, але при їх збудженні двопробним (інтерференційним) полем.

Тут, як і на рис. 2 (колонка 1), показані випадки: А — збіг екстремумів у розподілах комплексної амплітуди інтерференційного поля і двох решіток; В — поперечний зсув системи решіток як цілого на чверть періоду решіток ліворуч; С — зсув на чверть періоду праворуч. З порівняння результатів видно, що поява додаткової решітки суттєво підвищила ефективність перекачки до ККД більш як 95—97%. Фактично, ця ефективність буде залежати від експериментальних можливостей реалізації таких дослідів.

Враховуючи, що синусоїдальні решітки є, по суті, голограмами плоских хвиль, ми вважаємо, що наведені результати числового моделювання їх кутових спектрів мають перспективу і для більш складних голограм. Поряд із підвищенням до 95% енергетичної ефективності формування «зображень» у цьому разі відкри-

вається ще можливість їхніх перетворень. На рис. 5, як приклад, наведений кутовий спектр системи з трьох решіток, перша з яких являє собою штучну фазову голограму, пов'язану з гаусовим пучком моди TEM_{03} . Спостерігаються значні зміни в розподілах енергії різних порядків від відтворення зображень до формування розподілів, подібних до просторової автокореляційної функції моди.

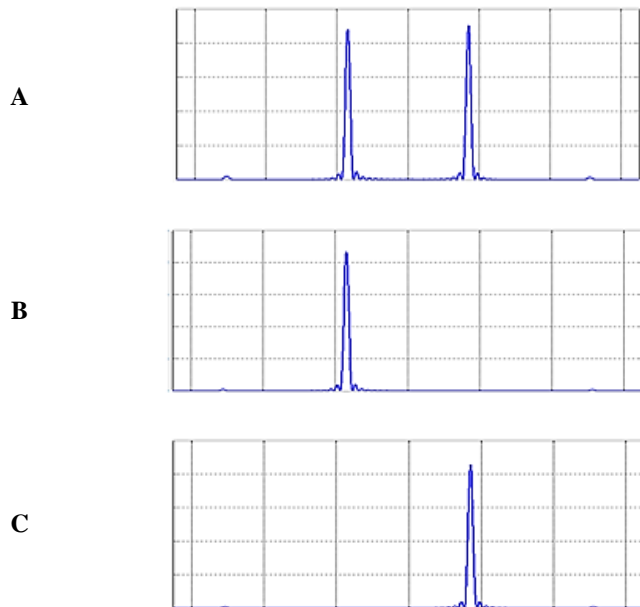


Рис. 4. Приклад ефективної перекачки енергії в «+0» та «-0» для двох синусоїдальних решіток в інтерференційному полі

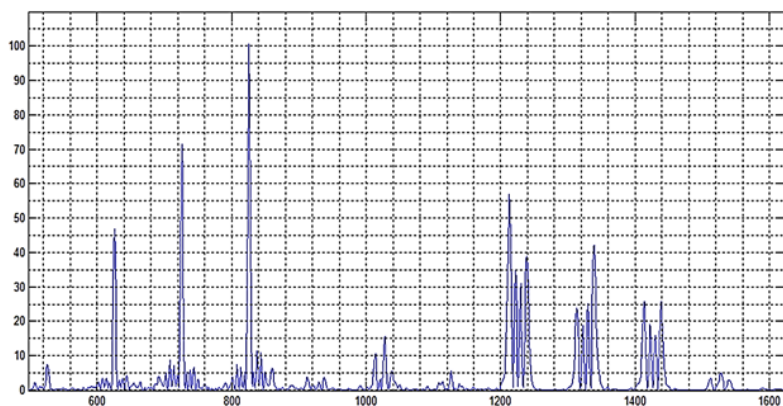


Рис. 5. Кутовий спектр системи з трьох періодичних синусоїдальних фазових структур, перша з яких є голограмою фазової частини моди TEM_{03}

Наведемо, як приклад, зіставлення деяких експериментально одержаних розподілів енергії в кутових спектрах системи з двох синусоїдальних решіток з розрахунками, що відповідають визначеним параметрам. На рис. 6 показаний випадок для двох однакових решіток при їх освітленні плоскою хвилею. Глибина

фазової модуляції решіток $M_{1,2}=1,26$. Період решіток $N=20$ на апертурі $A=4$ мм. Проміжок між решітками $Z=32$ мм. Показана перекачка енергії в ± 1 порядках відносно 0 порядку (за умови рівності величин нульового та перших порядків).

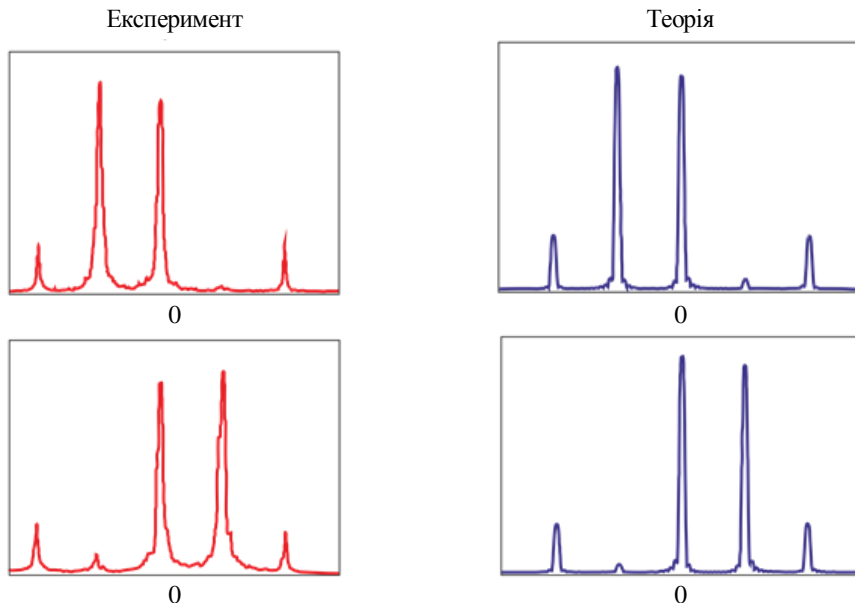


Рис. 6. Кутові спектри системи з двох однакових решіток при їх освітленні плоскою хвилею

На рис. 7 приклад майже повної перекачки енергії в « -0 » дифракційний порядок для системи з двох синусоїдальних решіток $M_1=1,82$ та $M_2=1,85$ з періодом $N=18\pm 0,2$ і проміжком $Z=50$ мм при її збудженні інтерференційним полем з контрастністю смуг одиниця.

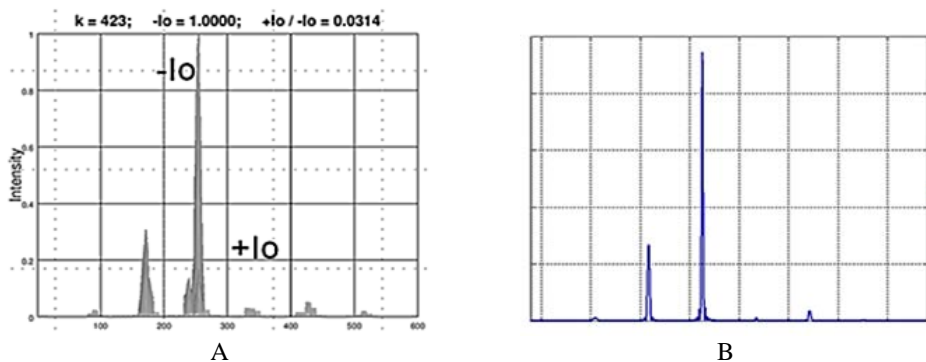


Рис. 7. Кутові спектри системи з двох майже однакових решіток в інтерференційному полі: А — експеримент; В — теорія

Позиція А являє собою кадр з кінограми, вибраний при неперервному поперечному зсуві системи решіток як цілого в інтерференційному полі (для точної фіксації зсуву).

Висновки

У статті запропонована модель кореляційного динамічного дифракційного резонатора як каскаду періодичних полів, утворених або полями на вході системи, або фазовими транспарантами з періодичною комплексною амплітудою пропускання. При цьому кожне поле є збуджуючим для подальших і забезпечує інтерференцію багатьох пучків у напрямку наперед вибраного дифракційного порядку. Були знайдені умови, що забезпечують ефективну перекачку енергії у низькочастотних напрямках кутового спектра системи симетрично відносно її оптичної осі, а також в напрямку осі. Започатковано застосування резонатора з використанням штучних голограм для кореляційних перетворень інформаційно значущих зображень.

Головним результатом можна вважати визначення динамічного аспекту досліджених дифракційних систем залежно від параметрів їх настройки і можливість ефективного ступеня перетворення енергії дифракційних порядків.

Література

1. Goodman J. W. Introduction of Fourier Optics. New-York: Ed. McGraw-Hil, 1996. 436 p.
2. Papoulis A. Systems and Transforms with Applications in Optics. New York: Ed. McGraw-Hil. 1968. 726 p.
3. Методы компьютерной оптики / под ред. В. А. Сойфера. Москва: Физматлит. 2003, 688 с.
4. Bugaychuk S. A., Gnatovsky V. O., Negriyko A. M., Phydako I. I. Multiplication and commutation of laser beams under cross-correlation interaction of periodic fields. *Ukr. J. Phys.* 2016. Vol. 61. P. 301—308.
5. Gnatovsky V. O., Bugaychuk S. A., Negriyko A. M., Phydako I. I., Sidorenko A. V. Angular spectra of phase diffraction gratings illuminated by interference field. *IEEE Catalog Number CFP13814-CDR, ISBN: 978-1-4799-0016-9.* 2013. P. 378—380.
6. Berry M. V., Klein S. Integer, fractional, and fractal Talbot effect. *J. Modern Optics.* 1996. Vol. 43. is. 10. P. 2139—2164.
7. Wen Han, Gomella A. A., Patel A., et.al. Boosting phase contrast with a grating Bonse-Hart interferometer of 200 nanometre grating period. *Phil. Trans. R. Soc. A.* Vol. 372. 2013. p. 2013—2028.
8. Sarenac D., Pushin D. A., Huber M. G., et.al. Phree phase-grating moiré neutron interferometer for large interferometer area applications. *Phys. Rev. Lett.* 2018. Vol. 120. P. 1132—116.
9. Литвиненко О. Н. Основы радиооптики. Киев: Издательство Техника. 1974. 208 с.
10. Kondilenko V., Odulov S., Soskin M. Degenerate forward four-wave mixing in LiNbO₃. *Ferroelectrice Letters.* 1983. Vol. 1(1). P. 19—26.

CHARACTERISTICS OF RESOURCE COMPONENTS OF
INNOVATIVE ENTERPRISE TO PRODUCE FROZEN
FRUIT AND BERRIES

G. Simakhina, S. Kaminska, L. Lytvynets

National University of Food Technologies

Key words:

*Innovative project
Resource components
Fruit and berry raw
materials
Technology
Freezing
Forecasting*

Article history:

Received 03.12.2019
Received in revised form
19.12.2019
Accepted 13.01.2020

Corresponding author:

G. Simakhina
E-mail:
top_nuft@ukr.net

ABSTRACT

Prognostics at the new foodstuffs market is believed to be the complex methodological problem which required a lot of scientific works to be solved. Their authors are convinced that the index of consumers' demand for the new foodstuffs can be influenced by various factors. It is difficult to regard all of them; therefore, we should concentrate on those main which actually determine the adequate volumes of the new products in accordance with foreseen demand for them. For instance, the foreign experience shows that about 50 percents of the new products cannot find their relevant consumer at the market.

The thought aforesaid fully concern the new rapid-frozen fruit and berry half products which are obtained by the technology elaborated at our institution. Biochemical and organoleptic characteristics of both frozen and defrosted materials prove their high quality, the proper level of safety, and flawless taste indices. Along with that, to foresee the market of frozen foods realization, it is necessary to estimate the direct and reverse connections between the separate components of target innovative project designed by us in order to provide the unity of organizational, technological, and economical aspects of obtaining and evaluation of frozen fruit and berries. This became the objectives of this work. The main attention is paid to the characteristics of innovative potential, innovative climate, technical level of the products designed, and the provision of the proper level of realization.

The studied interactions of resource components of the innovative enterprise to produce the frozen fruit and berry half products make possible to evaluate the preconditions of realization dynamics for the products at the domestic market. Hereinafter, the analysis of such interactions can be used to improve the certain stages of frozen fruit and berries obtaining, to outline the processes' parameters, and to avoid the probable risks threatening the innovative climate.

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСУРСНИХ СКЛАДОВИХ ІННОВАЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА ЗАМОРОЖЕНИХ ПЛОДІВ І ЯГІД

Г. О. Сімахіна, С. В. Камінська, Л. Ф. Литвинець

Національний університет харчових технологій

Прогнозування ринку нових продуктів — складна методологічна проблема, вирішенню якої присвячено велику кількість праць, автори яких переконані в тому, що на величину потреби споживачів у нових продуктах впливають різноманітні чинники. Врахувати всі досить складно, тому доцільно сконцентрувати увагу на основних, які, власне, і визначають адекватні обсяги нової продукції відповідно до прогнозованого попиту на неї. Так, зарубіжний досвід показує, що близько 50% нових продуктів не знаходять збуту на ринках.

Зазначені міркування повною мірою стосуються нових швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, отриманих за запропонованою у цій статті вдосконаленою технологією. Біохімічні та органолептичні характеристики як заморожених, так і дефростованих матеріалів свідчать про їхню високу якість, належний рівень безпеки, бездоганні смакові показники. Водночас для прогнозування ринку збуту замороженої продукції необхідно оцінити прямі і зворотні зв'язки між окремими складовими цільового інноваційного проекту, розробленого для забезпечення єдності організаційних, технологічних, економічних аспектів отримання й оцінки заморожених плодів та ягід, що й стало метою запропонованого дослідження. Основну увагу акцентовано на характеристиці інноваційного потенціалу, інноваційного клімату, технічного рівня розробленої продукції, споживчих властивостей, забезпечення належного рівня збуту.

Розглянуті взаємозв'язки ресурсних складових інноваційного підприємства з виробництва заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів надають можливість уже на початковому етапі його організації оцінити передумови динаміки реалізації продукції на вітчизняному ринку. В подальшому аналіз таких взаємозв'язків можна використати для вдосконалення окремих етапів отримання заморожених плодів і ягід, уточнення параметрів процесів, запобігання можливим ризикам інноваційного клімату.

Ключові слова: *інноваційний проект, ресурсні складові, плодово-ягідна сировина, технологія, заморожування, прогнозування.*

Постановка проблеми. Сучасний ринок харчових продуктів відзначається прагненням до нововведень як у галузі технологій, так і розробленні нових продуктів, які відповідають основним принципам здорового харчування: якість, безпека, ефективність. В економічній науці термін «інновація» запровадив Й. Шумпетер, який визначив його як здійснення нових комбінацій, здійснення нововведень [1]. В Україні результати інноваційного процесу визначено законодавчо [2].

З точки зору авторів [3], інноваційний процес не закінчується впровадженням, тобто першою появою на ринку нового продукту або доведенням нової технології до проектної потужності. Інновації теж повинні постійно вдоскона-

люватись, адже життєвий цикл кожного продукту має свої межі. Інноваційний процес на основі визначених особливостей і закономірностей представлено як спосіб організації й управління інноваційною діяльністю [4], яка, своєю чергою, розглядається як набір функціональних елементів (функцій) інноваційного підприємства. В подальшому викладі матеріалу ми назвали ці елементи *ресурсними складовими* інноваційного підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів за розробленою технологією із застосуванням методів кріопротекції [5]. Вона забезпечила отримання заморожених плодів і ягід з більш досконаліми споживчими властивостями, високими органолептичними характеристиками, абсолютною безпекою для споживачів. Це дає змогу відкривати нові сфери використання такої продукції, нові ринки, нових споживачів і забезпечує нові можливості інноваційному підприємству для подальшого розвитку та вдосконалення.

Зрозуміло також, що інноваційне підприємство повинне не лише відповідати технологічним вимогам, якості та безпеки отриманої продукції, а й відзначатись комерційною привабливістю. Тому формування організаційних, технологічних та економічних вимог до діяльності інноваційного підприємства з виробництва заморожених плодів і ягід, взаємопов'язаних та взаємозумовлених, з дослідженням ринку інновацій, ринку ресурсів, ринку збуту тощо є актуальним завданням для галузей харчової та переробної промисловостей, а в контексті цієї статті — для консервної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інновації, нововведення, інноваційна діяльність та інноваційна політика — це нові категорії, які з'явилися в умовах ринкових відносин. «Щоб мати майбутнє, треба бути готовим зробити щось нове», — сказав ще 1909 р. Пітер Друкер, американський спеціаліст із менеджменту. Цю тему продовжив Йозеф Шумпетер, австро-американський економіст і соціолог: «Прибуток може бути отриманий лише в результаті переваг, які дає інновація». Сьогодні у діловому світі цю тезу називають теоремою Шумпетера.

Для реалізації поставлених перед харчовою промисловістю завдань оптимальним шляхом розвитку технологій та економіки є інноваційний шлях, який супроводжується постійним оновленням технологій, товарів і послуг різноманітного призначення, ростом їх конкурентоспроможності як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках, стабілізацією і розширенням ринків збуту, а отже, зростанням зайнятості населення, ефективним використанням науково-технічного потенціалу і стимулюванням його росту [6].

Ключовими поняттями у створенні інноваційних підприємств є *інноваційний потенціал* та *інноваційний клімат*. Інноваційний потенціал розглядається як джерело розвитку підприємства [7], відображає впровадження інноваційних процесів. Це поняття постійно розвивається та уточнюється завдяки теоретичним, методологічним і емпіричним дослідженням. Інноваційний клімат у [8] пропонується розглядати як трикомпонентну систему, що поєднує інтереси й уподобання споживачів, рівень розвитку ринків сировини, технологій, збуту тощо; конкуренцію і баланс конкурентних сил.

Водночас ці поняття, як і поняття інновацій, досі не мають остаточного визначення. Особливо це стосується інновацій і відповідної термінології у харчовій промисловості. Тому **метою дослідження** є формулювання основних засад організаційного, технологічного та економічного аспектів у вигляді послідов-

ності логічно виділених етапів — ресурсних складових, які в сукупності характеризують реальне впровадження інновацій у харчову промисловість.

Викладення основних результатів дослідження. Істотну роль у дослідженні інноваційного процесу виробництва заморожених напівфабрикатів відіграють питання створення послідовності технологічних, організаційних та економічних етапів, які в деяких літературних джерелах називаються моделюванням інноваційного процесу [9]. Ми назвали їх ресурсними складовими, адже кожна з них відображає особливості дії основних чинників впливу на організацію виробництва та контроль цільової продукції (рис. 1). Оцінка складників спрямована на підтвердження реальної можливості організувати інноваційне підприємство з отримання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, яке і застосовує нововведення, та орієнтоване на подальше вдосконалення, готове приймати ефективні рішення з подолання бар'єрів і ризиків.



Рис. 1. Технологічні, організаційні та економічні аспекти діяльності інноваційного харчового підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів

Такий підхід значною мірою здатний ліквідувати розрив між очікуваними результатами діяльності підприємства та фактичними.

Результат інноваційного процесу автори [3] розглядають за трьома рівнями:

- торгівля і обіг об'єктів інтелектуальної власності;
- виробництво та продаж інноваційних товарів і послуг;
- виробництво і продаж інноваційних підприємств.

Виходячи із завдань, які стоять перед індустрією здорового харчування в Україні [10], логічним є орієнтація діяльності інноваційного підприємства саме на виробництво та реалізацію швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, призначених для подолання дефіциту основних біокомпонентів у раціонах харчування населення в міжсезонний період за відсутності свіжої сировини.

Згідно із запропонованим на рис. 1 алгоритмом, організація інноваційного харчового підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів розпочинається з двох ресурсних складових: інноваційного потенціалу та інноваційного клімату. Наводимо характеристику кожної з них.

Інноваційний потенціал забезпечує створення і розвиток інноваційної діяльності підприємства з виробництва замороженої плодово-ягідної продукції завдяки висококваліфікованим співробітникам, які однаковою мірою знають ся на технологіях оздоровчих продуктів, резервних можливостях сільськогосподарської сировини та значенні харчових продуктів для здоров'я людини. Важливе значення мають економічні й технологічні можливості підприємства, наявність інформаційних і нормативно-правових баз для впровадження інновації, в цьому разі — технології заморожування з використанням кріопротекторів. Впровадження цієї технології планується на сучасних підприємствах, обладнаних камерами з технологічними лініями для шокового заморожування, з мінімальними доповненнями. Економічні можливості підприємства орієнтовані на розширення асортименту швидкозамороженої продукції.

Інноваційний клімат. Сприятливий інноваційний клімат на підприємстві забезпечується шляхом запобігання можливим ризиком (поява нових конкурентів, розвиток нових технологій, зменшення ринків збуту, втрата фінансової спроможності тощо) при виробництві та реалізації плодово-ягідних заморожених напівфабрикатів. У таблиці наведено можливі ризики і засоби їх попередження.

Таблиця. Оцінка ризиків інноваційного клімату на підприємстві та засоби їх попередження

Вид ризику	Засоби попередження
1	2
Ринок сировини	Плодово-ягідна сировина досить розповсюджена на території України з можливістю вибору сортів і видів, найбільш придатних для заморожування
Ринок технологій	Технологія отримання швидкозаморожених плодів і ягід реалізується на існуючих технологічних лініях, обладнаних камерами для шокового заморожування, і потребує лише дообладнання установкою для оброблення сировини розчинами кріопротекторів
Ринок праці	Фахівці, які працюють на консервних підприємствах, потребують мінімальної перекваліфікації щодо інновацій у технології заморожування плодів і ягід з використанням кріопротекції

1	2
Ринок збуту	Отримані за вдосконаленою технологією заморожені плоди і ягоди відзначаються високими споживчими та якісними показниками, належними органолептичними характеристиками, що задовольнятиме харчові та смакові уподобання споживачів. Такої продукції на ринку України поки що дуже мало, тому вона матиме належний попит. Більш того, торговельні мережі, підвищуючи асортиментний потенціал, створять міжрегіональні засоби розповсюдження даної продукції
Ринок фінансів	Запропоноване інноваційне підприємство передбачає ріст прибутковості за рахунок постійного розширення виробництва заморожених плодів та ягід; збільшення ринку збуту продукції, оскільки певний час вона буде єдиною в сегменті заморожених напівфабрикатів, отриманих з використанням методів кріопротекції

Розроблення і виробництво високоякісних плодово-ягідних напівфабрикатів. Ця ресурсна складова характеризує особливості заморожених плодів і ягід, отриманих під прикриттям кріопротекторів [11].

Іміджмейкінг. Створенню належного іміджу підприємства сприяє передусім якість замороженої продукції, її абсолютна безпека для споживачів, високі смакові показники та доведена ефективність у нормалізації функціонування систем організму людини. Значну роль відіграє поширення цієї інформації через бренд, який буде запатентований та зрозумілий для споживачів. Цей захід має зацікавити не лише споживачів продукції, а й висококваліфікованих фахівців, постачальників і реалізаторів з точки зору участі у реалізації даного проекту.

Організація сервісу. Планується здійснювати продаж заморожених напівфабрикатів у фірмових магазинах великих міст, у роздрібній мережі на периферії шляхом забезпечення транспортного постачання до малонаселених регіонів, та постійного поширення інформації щодо корисності цієї продукції. Передбачається розміщення реклами на автотранспорті та в торговельних мережах. Важливим чинником організації сервісу є доступна інформація про якісний склад плодів і ягід, вплив їхніх основних компонентів на поліпшення стану здоров'я людини, оцінку заморожених напівфабрикатів як єдиного джерела вітамінів у міжсезонний період за відсутності свіжої сировини.

Ціноутворення. Позиціонуючи заморожені плодово-ягідні напівфабрикати на ринку, слід зазначити, що за вартістю така продукція неістотно буде відрізнятися від традиційної, оскільки для кріопротекції взято дешеві природні сполуки (глюкоза, фруктоза, сахароза, гліцерин тощо), які забезпечують високий ефект кріозахисту клітин і тканин біооб'єктів як при заморожуванні, так і впродовж тривалого зберігання та дефростації. Використана в технології сировина широко розповсюджена на території України, недорога, високоврожайна, що також зумовлює низьку вартість продукту, доступного для середнього споживача.

Маркетингові дослідження. Має бути створено розгалужену мережу маркетингової служби, яка забезпечить детальне вивчення каналів збуту продукції, оцінку її конкурентоспроможності як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, а також місце інноваційного підприємства серед аналогічних.

Мерчендайзинг. Ця ресурсна складова передбачає створення команди фахівців, здатних організувати оптимальне розташування продукції в торговельних

мережах та підвищувати її збут. Велике значення має також компактна, яскрава упаковка з детальною інформацією про позитивні якості заморожених плодів і ягід, отриманих з використанням методів кріопротекції.

Стимулювання збуту продукції. Планується проводити інформаційні заходи, презентації, тренінги з обов'язковим обґрунтуванням доцільності і необхідності вживання заморожених плодів і ягід за відсутності свіжої сировини всіма віковими категоріями, а також періодично проводити різного роду акції та знижки на продукцію для зацікавлених споживачів.

Дуже важливим є добір продавців нової продукції, грамотних і компетентних. Вони зобов'язані знати всі якісні та кількісні характеристики продукту, технологію його виробництва, відмінність від усіх відомих раніше продуктів і його переваги; наявність основних біокомпонентів плодів і ягід (вітамінів, мінеральних елементів тощо); обов'язково вміти дати пораду з правил споживання такої продукції, умов її зберігання, можливі протипоказання. Продавці мають бути комунікабельними, володіти грамотною мовою, необхідною термінологією; вміти представити якнайкраще заморожену плодово-ягідну продукцію, щоб покупець повірив у її оздоровчі властивості.

Контроль сировини та продукції. Безпека продукції забезпечується управлінням її виробництва на всіх етапах життєвого циклу із застосуванням принципів НАССР, оцінкою механічних, хімічних, мікробіологічних ризиків і розробленням способів їх запобігання.

Моніторинг інноваційної діяльності. Ця складова є обов'язковою для забезпечення діяльності і розвитку підприємства. Вона полягає у зборі інформації про виробництво та реалізацію замороженої продукції; збір, оброблення, аналіз стану інноваційних процесів на підприємстві та аналогічних виробництвах; оброблення результатів фінансової та технологічної діяльності для прогнозування подальшого розвитку підприємства.

Оцінка конкурентного потенціалу продукції полягає у порівнянні основних властивостей плодів і ягід, заморожених за розробленою нами вдосконаленою технологією, з продукцією, отриманою за традиційними технологіями. Також буде оцінено якість продукції та її упаковку з урахуванням думки споживачів.

Оцінка економічної та соціальної ефективності заморожених за вдосконаленою технологією плодів та ягід. Економічна ефективність оцінюється результатами фінансових звітів торговельних мереж, підрозділів і власне підприємства за певні періоди діяльності, що надає можливість оцінити рентабельність виробництва. Соціальна ефективність полягає у поліпшенні стану здоров'я споживачів, подоланні вітамінного дефіциту, запобіганні мікроелементозам, що сприятиме оздоровленню української нації та вирішенню проблем продовольчої безпеки.

Висновки

У сучасних умовах інноваційний шлях розвитку України є єдино доцільним, економічно обґрунтованим, підтвердженим багаторічною діяльністю індустриально розвинених країн світу. Це однаково стосується всіх галузей суспільного життя.

Важливого значення набирає інноваційний розвиток у харчових технологіях, де цілеспрямований пошук, формування і реалізація інновацій дають змогу отримати нове покоління харчових продуктів, яке відповідає принципам здорового харчування і формулі харчування XXI століття — якість, ефективність та абсолютна безпека для споживача. Особливості інноваційного розвитку показано на прикладі формування підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів.

Розвиток інноваційного шляху харчової промисловості зумовлює необхідність накопичення всебічних знань у галузі функціональних і прикладних наук — біохімії, мікробіології, біотехнології, фізіології, нутриціології; оволодіння економічними, законодавчими, нормативно-правовими документами; освоєння прикладних науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, на основі яких створюються інноваційні технології та необхідні для їх реалізації технічні засоби й обладнання.

Інновації у харчових виробництвах на нинішньому етапі мають посилено впроваджуватись передусім у виробництві оздоровчих харчових продуктів, частка яких на світовому ринку постійно зростає, а в Україні не перевищує 2...3% від загального обсягу харчової продукції. Це є особливо актуальним у зв'язку зі вступом України до Світової організації торгівлі і широкими можливостями виробництва та реалізації експортно-орієнтованої продукції, в тому числі швидкозамороженої.

На всіх етапах формування і розвитку інноваційної доцільності у харчовій промисловості ключова роль відводиться науці, оскільки лише наукові підходи, науково обгрунтовані рішення забезпечують ефективне розв'язання найважливіших проблем харчових виробництв у сучасних умовах. У цьому дослідженні таким інноваційним науковим рішенням є використання методів кріопротекції при заморожуванні плодів і ягід.

Кінцевим результатом усього процесу діяльності інноваційного харчового підприємства, в тому числі з виробництва заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, є технологічно новий або технологічно вдосконалений продукт, який характеризується необхідною сукупністю основних показників якості та безпеки: енергетичною та харчовою цінністю, що визначається якісним і кількісним співвідношенням нутрієнтів у складі плодів та ягід; їх адекватними кількостями; харчовою безпекою (хімічною, мікробіологічною, збалансованим складом нутрієнтів).

Україна має всі необхідні економічні та соціальні передумови для формування і розгортання інновацій у харчових виробництвах. Це надає можливість прогнозувати досить інтенсивний розвиток нового, однак конче необхідного для України шляху.

Література

1. Шумпетер Й. Теория экономического развития (исследовано предпринимательской прибыли капитала, кредита, проекта и цикла конъюнктуры) / пер. с нем. В. С. Автономова. Москва: Прогресс. 1982. 456 с.

2. Закон України «Про інноваційну діяльність» Відомості Верховної Ради України. 2002. № 36. Ст. 266.

3. Федулова І. В., Кундеева Г. О. Інноваційний потенціал підприємства. Київ: МВЦ «Медікформ». 2010. 348 с.
4. Баранчев В. П. Стратегический и инновационный менеджмент: основные матрицы. URL: <http://www.innovatira.net/matam.ppt>.
5. Українець А. І., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В., Камінська С. В. Заморожені плодово-ягідні напівфабрикати: якість, ефективність, безпека. Київ: Сталь, 2019. 375 с.
6. Єременко І. Ф. Комплексна система управління інноваційними процесами. *Актуальні проблеми економіки*. 2005. № 6. С. 95—99.
7. Трефилова А. А. Анализ инновационного потенциала предприятия. *Инновации*. 2003. № 6. С. 67—72.
8. Кундеева Г. А., Федулова І. В. Роль диффузии в инновационном процессе. *Вісник Хмельницького нац. університету*. 2007. № 4. С. 178—180.
9. Науменко Е. О. К вопросу о моделях управления инновационным процессом на предприятиях в современных условиях. URL: (дата звернення)
10. Українець А. І., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Перспективні технологічні процеси виробництва нових продуктів та дієтичних добавок: підручник. Київ: НУХТ, 2018. 335 с.
11. Сімахіна Г. О., Халапсіна С. В. Ефективність використання кріопротекторів при заморожуванні дикорослих і культивованих ягід. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т. 23, № 3. С. 179—185.

УДК637.5.05/07:637.56

RESEARCHING OF CONSUMER AND BIOLOGICAL
VALUE OF MEAT-CONTAINING SEMI-FINISHED MINCED
PRODUCTS

N. Bozhko

Sumy State University

V. Tischenko

Sumy National Agrarian University

V. Pasichnyi

National University of Food Technologies

Key words:

*Meat-containing semi-
finished products,
Duck meat,
Freshwater fish,
Biological value*

Article history:

Received 11.12.2019

Received in revised form
24.12.2019

Accepted 17.01.2020

Corresponding author:

V. Pasichnyi

E-mail:

pasww1@ukr.net

ABSTRACT

The purpose of the study was to develop a formulation of a new type of meat-containing chopped semi-finished products by optimizing the traditional formulation by combining waterfowl meat and freshwater aquaculture, to analyse the consumer and biological value of the obtained products. The subject of the research was semi-finished products with the following recipe: Muscovy duck meat (*Cairinamoschata*) (20.5%), minced fish from carassius (*Carassiusgibelio*) (39.5%), wheat bread (12%), bread crumbs (4%), onions (1.5%), chicken eggs (2%), spices.

The combination of waterfowl and regional aquaculture meat allow to create semi-finished meat-containing product with high consumer and biological value. The study of the nutritional value of semi-finished products showed a high protein content of 12.15% and a low fat content of 7.03%, the amount of energy per 100 g of the product was 143 kcal, it allows them to be attributed to low-calorie low-fat diet products. The carbohydrate content in the developed semi-finished products was 7.79 g per 100 g of the finished product due to the use of wheat bread and bread crumbs in the recipe. Carbohydrates are predominantly starch, the content of which is not regulated by the regulatory documents in meat-containing culinary preparations.

The study of the amino acid composition of meat-containing chopped semi-finished products has shown that these products are a valuable source of all essential amino acids, the proportion of which exceeds the ratio of essential amino acids in the ideal protein. Patties are characterized by a large proportion of lysine, phenylalanine and tyrosine.

Analysis of the fatty acid composition of meat-containing chopped semi-finished products confirms that these products contain a high concentration of monounsaturated fatty acids — 46.23 g/100 g of fat, and PUFA — 23.55 g/100 g of fat, which is a risk of oxidative spoilage. The use of duck meat and freshwater aquaculture in the formulations does not cause a risk for microbiological safety for the consumer.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-17

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВЧОЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ М'ЯСОМІСТКИХ ПОСІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Н. В. Божко

Сумський державний університет

В. І. Тищенко

Сумський національний аграрний університет

В. М. Пасічний

Національний університет харчових технологій

У статті розроблено рецептуру нового типу м'ясомістких посічених напівфабрикатів шляхом оптимізації традиційної рецептури поєднанням м'яса водоплавних птахів і прісноводних аквакультур, проведено аналіз споживчої та біологічної цінності отриманих продуктів. Предмет дослідження — напівфабрикати з таким рецептурним складом: м'ясо качки мускусної (*Cairina moschata*) (20,5%), рибний фарш з карася сріблястого (*Carassius gibelio*) (39,5%), хліб пшеничний (12%), сухарі (4%), цибуля (1,5%), курячі яйця (2%), спеції. Поєднання м'яса водоплавної птиці та регіональної аквакультури дає змогу створити м'ясомісткий напівфабрикат з високою споживчою та біологічною цінністю. Дослідження харчової цінності напівфабрикатів показало, що високий вміст білка (12,15%) та низька жирність (7,03%) і калорійність (143 ккал/100 г) дає змогу віднести їх до низькокалорійних дієтичних продуктів. Вміст вуглеводів у розроблених напівфабрикатах становив 7,79 г на 100 г готового продукту за рахунок використання пшеничного хліба та панірувальних сухарів у рецептурі. Вуглеводи представлені переважно крохмалем, вміст якого не регламентований нормативними документами в кулінарних продуктах.

Вивчення амінокислотного складу м'ясомістких подрібнених напівфабрикатів показало, що цей продукт є цінним джерелом усіх незамінних амінокислот, частка яких перевищує співвідношення незамінних амінокислот в ідеальному білку. Котлети характеризуються значним вмістом лізину, фенілаланіну й тирозину.

Аналіз жирнокислотного складу м'ясомістких подрібнених напівфабрикатів підтверджує, що в продукті міститься мононенасичених жирних кислот — 46,23/100 г жиру, а поліненасичених — 23,55/100 г жиру, що є ризиком окисного псування. Застосування м'яса качки та прісноводної аквакультури в рецептурі не становить мікробіологічної небезпеки для споживача.

Ключові слова: напівфабрикати з м'яса, м'ясо качки, прісноводна риба, біологічна та харчова цінність.

Постановка проблеми. В останні роки у сфері громадського здоров'я населення України сформувались негативні тенденції. Основну роль у цьому відіграють чинники ризику розвитку хронічних неінфекційних захворювань, насамперед нераціональне харчування, яке спричиняє збільшення частки людей

з надмірною масою тіла з ознаками ожиріння, холестеринемію, високий рівень артеріального тиску, гіподинамію [1; 2]. Серцево-судинні захворювання продовжують займати значне місце в структурі смертності громадян України (62,5%) [3]. Найчастіше основним фактором розвитку зазначених станів є дисліпідемія, тобто розлад складу та/або функції ліпопротеїнів і ліпідів крові, здатних провокувати розвиток атеросклеротичного процесу. Основною причиною виникнення дисліпідемії є порушення умов харчування та шкідливий спосіб життя [4]. Недостатнє надходження поліненасичених вищих жирних кислот (ПНЖК), антиоксидантів, фітостеринів призводить до збільшення рівня холестерину та ліпопротеїдів низької щільності у крові, що значно підвищує ризик розвитку атеросклерозу і, відповідно, серцево-судинних захворювань [5; 6].

Головним напрямком політики України у сфері громадського здоров'я стала розробка технології продуктів, які мають раціональну збалансованість хімічного складу, запобігаючи таким чином різноманітним захворюванням [7]. Одним із шляхів вирішення поставленого завдання може стати розробка нових рецептур та удосконалення технології виробництва фаршевих м'ясомістких виробів із використанням прісноводної аквакультури. Це дає змогу виробляти продукти, збалансовані за складом білка по вмісту незамінних амінокислот та з підвищеною біологічною ефективністю (збалансованістю складу ліпідів).

Метою дослідження є розробка рецептурного складу нового виду м'ясомістких посічених напівфабрикатів шляхом оптимізації традиційної рецептури за рахунок комбінування м'яса водоплавної птиці і прісноводної аквакультури та аналіз споживчої й біологічної цінності отриманої продукції.

Матеріали і методи. З метою удосконалення технології м'ясомістких продуктів було проведено моделювання і виготовлення трьох рецептур м'ясомістких січених напівфабрикатів з м'ясом водоплавної птиці та регіональної аквакультури [8]. Основними інгредієнтами рецептури посічених м'ясомістких напівфабрикатів були м'ясо качки Мускусної (*Cairinamoschata*) (20,5%), фарш рибний з м'яса карася сріблястого (*Carassiusgibelio*) (39,5%), хліб пшеничний (12%), панірувальні сухарі (4%), цибуля ріпчаста (1,5%), яйця курячі (2%), спеції.

За результатами досліджень функціонально-технологічних показників та органолептичної оцінки продуктів було визначено оптимальний варіант рецептури і проведено дослідження споживчої та біологічної цінності продукту за амінокислотним складом, біологічної ефективності — жирнокислотним складом і — показниками мікробіологічної безпеки.

При проведенні досліджень використані традиційні методи досліджень: визначення масової частки білка за методом К'ельдаля згідно з ДСТУ ISO 1871:2003, вміст жиру за методом Сокслета згідно з ДСТУ ISO 1443:2005, загальна частка мінеральних речовин методом озолення. Визначення вмісту амінокислот у напівфабрикатах проводили методом іонообмінної колонкової хроматографії за допомогою амінокислотного аналізатора «BIOTRONIK» (Німеччина) [9]. Жирнокислотний склад визначали методом газорідинної хроматографії за допомогою автоматизованого газового хроматографа Купол-55 [10].

Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів визначали згідно з ДСТУ 8446:2015. Виявлення БГКП (коліформних бактерій) проводили згідно з ДСТУ 8446:2015.

Викладення основних результатів дослідження. В табл. 1 представлені результати дослідження харчової цінності розроблених напівфабрикатів.

Таблиця 1. Показники харчової цінності розроблених напівфабрикатів

Найменування	Значення
Вміст білка, г/100 г	12,15±0,08
Вміст жиру, г/100 г	7,03±0,07
Вміст вуглеводів, г/100 г	7,79±0,05
Вміст мінеральних речовин, г/100 г	1,23±0,09
Енергетична цінність, кКал/100 г	143,03

Аналіз даних, представлених у табл. 1, свідчить, що загальний вміст білка в котлетах становив 12,15 г/100 г продукту, при цьому вміст жиру склав 7,03%. Згідно з Мінімальними специфікаціями якості основних продуктів тваринного походження [11] масова частка білка в напівфабрикатах м'ясомістких кулінарних повинна бути не менше ніж 7%, отже, розроблений продукт відповідає нормативним вимогам. Масова частка жиру при цьому не нормується. У розроблених напівфабрикатах за рахунок використання в рецептурі хліба пшеничного та панірувальних сухарів вміст вуглеводів становив 7,79 г на 100 г готового продукту. Вуглеводи представлені переважно крохмалем, вміст якого в м'ясомістких кулінарних напівфабрикатах не регламентується нормативними документами.

Розрахунок енергетичної цінності показав, що кількість енергії в 100 г продукту становила 143 кКал, тобто м'ясомісткий напівфабрикат можна віднести до низькокалорійних продуктів харчування.

Хроматограма амінокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів наведена на рис. 2.

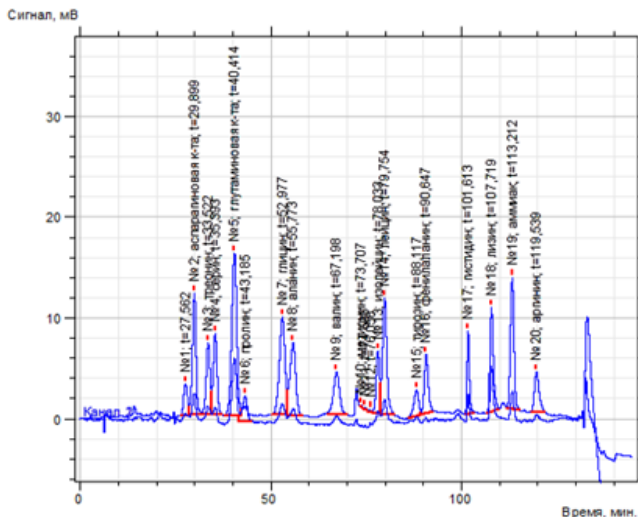


Рис. 2. Хроматограма амінокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів

Проведені дослідження кількості незамінних амінокислот м'ясомістких посічених напівфабрикатів дали змогу ідентифікувати всі незамінні амінокислоти.

Дані рис. 1 свідчать, що серед незамінних амінокислот високим вмістом відрізняється фенілаланін+тирозин — 7,98 г/100 г продукту та лізин — 8,81 г в 100 г напівфабрикатів.

Результати дослідження амінокислотного скору білків розроблених посічених м'ясомістких напівфабрикатів наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Результати дослідження біологічної цінності білків м'ясомістких посічених напівфабрикатів

№	Назва	Еталон (ФАО/ВООЗ), г/100 г білка	Вміст, г/100 г продукту	Вміст, г/100 г білка	Амінокислотний скор, %
1	Валін	5,0	0,68	5,59	111,80
2	Метіонін	1,8	0,23	1,89	105,00
3	Ізолейцин	4,0	0,63	5,19	129,75
4	Лейцин	7,0	1,10	9,05	129,34
5	Фенілаланін+Тирозин	6,0	0,97	7,98	133,06
6	Лізин	5,5	1,07	8,81	160,18
7	Треонін	4,0	0,62	5,10	127,57
	КРАС, %	0,0			23,10

Оцінка якості білка за амінокислотним скором (табл. 2) показала, що лімітуючі амінокислоти в розробленому продукті відсутні. Амінокислотний скор усіх незамінних амінокислот є вищим за 100% і коливається від 105,00% за метіоніном до 160,18% за лізином.

Амінокислотний склад м'ясомістких посічених напівфабрикатів показує, що цей продукт є цінним джерелом усіх незамінних амінокислот і за значенням критерію розбалансованості амінокислотного складу (КРАС) є достатньо збалансованим [12; 13].

Розроблена рецептура котлет відрізняється значною часткою лізину, який метаболізується у м'язову тканину стимулює розумову діяльність і активність, бере участь у синтезі глікогену та пантотенової кислоти [14]. В табл. 3 та на рис. 3 представлені результати досліджень жирнокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів.

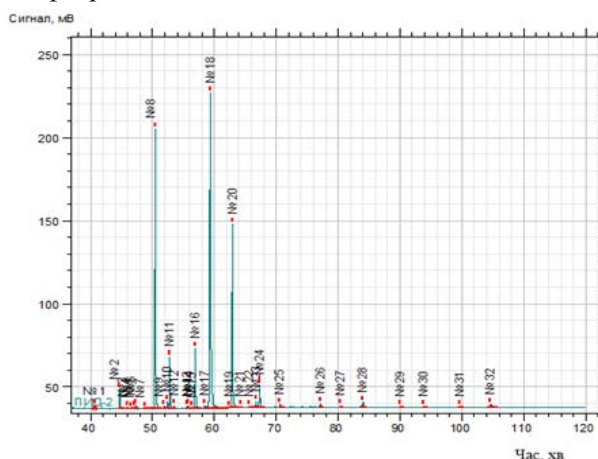


Рис. 3. Хроматограма жирнокислотного складу м'ясомістких напівфабрикатів

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Жирнокислотний склад ліпідів розроблених напівфабрикатів представлений насиченими та ненасиченими високомолекулярними карбоновими кислотами, найбільший вміст серед яких складала пальмітинова, стеаринова, олеїнова і лінолева відповідно. Загалом було ідентифіковано 23 жирних кислоти.

Таблиця 3. Результати досліджень біологічної ефективності ліпідів м'ясомістких посічених напівфабрикатів

Позначення жирної кислоти	Назва жирної кислоти	Масова частка жирної кислоти, %
Насичені жирні кислоти (НЖК)		
C8:0	Каприлова	0,026
C10:0	Капринова	0,060
C12:0	Лауринова	0,230
C14:0	Тетрадеканова (міристинова)	1,622
C15:0	Пентидеканова	0,072
C16:0	Гексадеканова (пальмітинова)	18,586
C17:0	Гептадеканова (маргарінова)	0,542
C18:0	Октадеканова (стеаринова)	6,385
C20:0	Ейкозанова (арахісова)	0,540
C21:0	Генейкозанова	0,271
C22:0	Бегенова	0,034
C24:0	Лігноцеринова	0,714
Разом		29,08
Мононенасичені жирні кислоти (МНЖК)		
C14:1т	Транс-тетрадецена	0,359
C14:1	Цис-тетрадецена	0,385
C16:1т	Транс-гексадецена	1,115
C16:1	Цис-гексадецена (пальмітолеїнова)	4,446
C17:1	Гептадецена (маргарінолеїнова)	0,114
C18:1т	Транс-октадецена	1,556
C18:1	Цис-октадецена (олеїнова)	37,422
C24:1	Цис-15-тетракозена	0,829
Разом		46,23
Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК)		
C18:2т	Транс-октадекадієнова	0,027
C18:2 н6	Цис-октадекадієнова (лінолева)	20,626
C18:3н6	Цис-6,9,12-октадекатрисінова (гамма-ліноленова)	0,188
C18:3н3	Цис-9,12,15-октадекатрисінова (альфа-ліноленова)	0,194
C20:1н9	Цис-11-ейкозена (гадолеїнова)	1,811
C20:3н3	Цис-11,14,17-ейкозатрисінова	0,283
C20:4н6	Арахідонова	0,367
C20:5н3	Цис-5,8,11,14,17-ейкозапентаєнова	0,058
Разом		23,55

Біологічна цінність жирів визначається поліненасиченими жирними кислотами (ПНЖК), що входять до їх складу і які ще називаються вітаміном F. ПНЖК відносяться до незамінних факторів харчування, оскільки не утворюються в організмі і повинні надходити з їжею.

Жирнокислотний склад розроблених м'ясомістких напівфабрикатів представлений, переважно, пальмітиною (18,59%), стеариною (6,39%) та пальмітоолеїною (4,45%) кислотами, ненасичені — олеїною (37,42%), лінолевою (20,63%), гадолеїною (1,81%) кислотами. Аналіз жирнокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів підтверджує, що цей продукт містить цис-ізомер олеїнової кислоти в котлетах на рівні 37,42 г/100 г жиру. Загальна сума ПНЖК становила 23,55 г/100 г жиру, в тому числі спостерігався високий вміст лінолевої кислоти цис- і трансконфігурацій (20,65 г/100 г), яка відноситься до родини ω -6.

Харчова цінність сучасних м'ясних і м'ясомістких виробів визначається насамперед вмістом білка. З іншого боку, все більшої популярності набувають вироби з низькою часткою жиру. Заміна напівжирної свинини на м'ясо качки і прісноводної аквакультури дає змогу підвищити вміст протеїну в напівфабрикатах на рівні 12,15% при одночасному використанні більш дешевих видів сировини та знизити концентрацію жирової частки до 7,03%. З огляду на відносно високий вміст білка розроблені вироби можуть бути використані як елемент стратегії профілактики або лікування ожиріння через скорочення маси тіла і жирової маси, що супроводжується збереженням м'язової маси тіла [15].

Невід'ємною частиною комплексної оцінки якості і безпеки продуктів харчування є визначення мікробіологічних показників. Для перевірки відповідності м'ясомістких посічених напівфабрикатів вимогам стандарту всі зразки були досліджені на кількість МАФАНМ і БГКП. Результати досліджень мікробіологічних показників розроблених виробів за санітарно-гігієнічною безпечністю відповідають нормативним значенням і підтверджують їхню мікробіологічну безпечність.

Кількість МАФАНМ, КУО в 1 г розроблених котлет становила $3,4 \cdot 10^2$ при нормі $2,5 \cdot 10^7$. При цьому бактерії групи кишкової палички не були виявлені в 0,1 г котлет, що відповідає вимогам нормативів [16].

Висновки

1. Підтверджено, що комбінування м'яса водоплавної птиці та регіональної аквакультури дає змогу створити м'ясомісткий посічений напівфабрикат високої споживчої та біологічної цінності.

2. Дослідження показника харчової цінності напівфабрикатів показало високий вміст білка на рівні 12,15% та низький вміст жиру 7,03%, що дає змогу віднести розроблені котлети до низькокалорійних дієтичних продуктів зі зменшеним вмістом жиру.

3. Показники амінокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів підтверджують, що продукт є цінним джерелом усіх незамінних амінокислот, частка яких перевищує співвідношення есенціальних амінокислот для ідеального білка. Котлети вирізняються значною часткою лізину, фенілаланіну й тирозину.

4. Аналіз жирнокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів підтверджує, що розроблений продукт містить високу концентрацію мононена-

сичених жирних кислот — 46,23 г/100 г жиру, а також ПНЖК — 23,55 г/100 г жиру, що становить ризик окислювального псування.

5. Результати дослідження мікробіологічних показників напівфабрикатів з м'ясом качки та прісноводної аквакультури підтвердили відповідність нормативним вимогам для посічених напівфабрикатів.

Перспективою подальших досліджень є дослідження ефективності використання натуральних антиоксидантів з метою гальмування окислювальних процесів у ліпідній фракції напівфабрикатів для можливого подовження їх термінів зберігання.

Література

1. Гуліч М. П. Рациональное харчування та здоровий спосіб життя — основні чинники збереження здоров'я населення. *Проблеми старения и долголетия*. 2011. 20(2). С. 128—132.
2. Ditrikh I., Ilchuck, N., Yefymovych P. Fish and vegetable schitzel for functional purpose. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Т. 24, № 6. С. 202—210. doi: 10.24263/2225-2924-2018-24-6-25.
3. Мігченко О. І., Лутай М. І. Дисліпідемії: діагностика, профілактика та лікування. Київ: Літера, 2011. 48 с.
4. Enkhmaa B., Surampudi P., Anuurad E., Berglund L. Lifestyle Changes: Effect of Diet, Exercise, Functional Food, and Obesity Treatment, on Lipids and Lipoproteins. Endotext. South Dartmouth (MA), 2015.
5. Rudel L. L., Johnson F. L., Sawyer J. K., Wilson M. S., Parks J. S. Dietary polyunsaturated fat modifies low-density lipoproteins and reduces atherosclerosis of nonhuman primates with high and low diet responsiveness. *The American journal of clinical nutrition*. 1995. 62(2):463—470. doi:10.1093/ajcn/62.2.463S.
6. Hu F. B., Willett W. C. Optimal diets for prevention of coronary heart disease. *Jama*. 2002, 288(20):2569—2578. doi:10.1001/jama.288.20.2569.
7. Салій Н. С. Рациональное харчування в сучасних умовах. Київський міський центр здоров'я. К., 2003. 15 с.
8. Тищенко В. І., Божко Н. В., Пасічний В. М. М'ясомісткі комбіновані продукти з м'ясом качки та сріблястого карася. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2019. № 5(1330). С. 160—168. doi:10.20998/2413-4295.2019.05.21.
9. Тищенко В. І., Божко Н. В., Пасічний В. М. Розробка рецептури полікомпонентних м'ясних хлібів на основі фаршу прісноводної риби. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. Т. 23, № 3. С. 172—178.
10. Федорова Д. Дослідження жирнокислотного складу ліпідів сухих рибо-рослинних напівфабрикатів. *Food Science and Technology*. 2017. 11(3):61—70. URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v11i3.608>.
11. Мінімальні специфікації якості основних продуктів тваринного походження. К.: МОЗ України, 2010. 87 с.
12. Pasichniy V. M. Ranhove otsiniuvannia kombinovanykh miasoproduktiv. *Naukovi pratsi NUKhT*. 2002. 11. P. 77—80.
13. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 91 p.
14. Xue Zhao. The Relationship between Branched-Chain Amino Acid Related Metabolomic Signature and Insulin Resistance: A Systematic Review. *Journal of Diabetes Research*. 2016. P. 605—617. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2009.02.002>.
15. Heather J. L., Peter M. C., Astrup A., Wycherley Th. P., Westertep-Plantenga M. S., Luscombe-Marsh N. D., Woods S. C., Mattes R. D. The role of protein in weight loss and maintenance. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2015. Volume 101, Issue 6. P. 1320—1329. URL: doi.org/10.3945/ajcn.114.084038.
16. ДСТУ 4437:2005 Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні посічені. Технічні умови.

УДК 664.134

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING
SUGAR-CONTAINING SORGHUM SYRUP WITH THE USE
OF MEMBRANE METHODS

N. Hryhorenko

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS of Ukraine

N. Husiatynska

National University of Food Technologies

P. Vakuliuk, V. Chibrikov

National University of "Kyiv-Mohyla Academy"

Key words:

*Sweet sorghum
Ultrafiltration
Clarification and
Concentration of juice
Membrane distillation
Sweet sorghum syrup*

Article history:

Received 16.12.2019
Received in revised form
26.12.2019
Accepted 20.01.2020

Corresponding author:

N. Hryhorenko
E-mail:
grygorenko.na@
gmail.com

ABSTRACT

The paper presents the results of research on the development of technology of sugar-containing products from alternative vegetable raw materials. The prospect of using sweet sorghum to produce syrup enriched with amino acids, vitamins, macro- and microelements is argued. A brief review of the literature on traditional methods of syrup production has been made, and the feasibility of using membrane methods in the technology of producing sorghum syrup has been substantiated. The possibility of using vegetable raw materials of sweet sorghum in the technology for producing sugar-containing products is substantiated.

The object of the study is technological indicators of the quality of the purified pressed sweet sorghum juice. According to the technological scheme, the pressed juice was purified from high molecular weight compounds (IUDs) and enzymatic hydrolysis of starch was carried out to improve the quality of the syrup and increase the productivity of the concentration process.

As a result of the experimental studies, the technology of obtaining concentrated juices by clarifying and concentrating the purified sweet sorghum juice using ultrafiltration and membrane distillation was proposed.

Indicators of quality of sorghum juice after clarification by the ultrafiltration method are given. Efficiency of removal of IUDs and dyes during ultrafiltration purification of sweet sorghum sugar was found, which provided the reduction of IUD content by 23.2% and coloration by 33 units ICUMSA. The process of concentration of clarified juice by the method of membrane distillation is explored and its optimal parameters are determined. Experimental studies have proven the effectiveness of the use of membrane methods to improve the purity, content of solids and total sugar in syrup obtained from sweet sorghum.

The conducted studies confirmed the prospect of the introduction of membrane methods in the technology of producing sugar-containing syrup from sorghum.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-18

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЦУКРОВІСНОГО СОРГОВОГО СИРОПУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕМБРАННИХ МЕТОДІВ

Н. О. Григоренко

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

Н. А. Гусятинська

Національний університет харчових технологій

П. В. Вакулюк, В. В. Чібриков

Національний університет «Києво-Могилянська академія»

У статті представлено результати досліджень з розроблення технології цукровмісних продуктів з альтернативної рослинної сировини. Аргументовано перспективність використання сорго цукрового для отримання сиропу, збагаченого амінокислотами, вітамінами, макро- та мікроелементами. Здійснено короткий огляд літературних джерел, у яких описано традиційні методи виробництва сиропів, і обґрунтовано доцільність застосування мембранних методів у технології отримання цукровмісного сиропу з сорго.

Метою дослідження є застосування в технології отримання цукровмісного продукту мембранних методів освітлення та концентрування соку сорго задля підвищення його якісних показників, що сприятиме подальшому практичному використанню у різних харчових виробках як цукрової складової.

Об'єктом дослідження є технологічні показники якості очищеного пресового соку сорго цукрового. Відповідно до технологічної схеми пресовий сік очищали від високомолекулярних сполук (ВМС) і проводили ферментативний гідроліз крохмалю з метою покращення якості сиропу та підвищення продуктивності процесу концентрування.

У результаті проведених експериментальних досліджень запропоновано технологію отримання концентрованих соків шляхом освітлення та концентрування очищеного соку цукрового сорго методами ультрафільтрації та мембранної дистиляції. Наведено показники якості соку сорго після освітлення методом ультрафільтрації. Встановлено ефективність видалення ВМС та барвних речовин під час ультрафільтраційного очищення соку сорго цукрового, що забезпечило зниження вмісту ВМС на 23,2% та забарвленості на 33 од. ICUMSA. Досліджено процес концентрування освітленого соку методом мембранної дистиляції і визначено його оптимальні параметри. Експериментальними дослідженнями доведено ефективність застосування мембранних методів для підвищення чистоти, вмісту сухих речовин і загального цукру у сиропі, одержаному з цукрового сорго.

Проведені дослідження підтвердили перспективність впровадження мембранних методів у технологію отримання цукровмісного сиропу з сорго.

Ключові слова: сорго цукрове, ультрафільтрація, освітлення та концентрування соку, мембранна дистиляція, сироп цукрового сорго.

Постановка проблеми. Задля успішного розвитку харчової промисловості необхідно створювати технології якісних і безпечних продуктів, які збагачені вітамінами, макро- й мікроелементами та іншими біологічно активними харчовими інгредієнтами. На сьогодні ринок підсолоджувачів представлений природними та штучними продуктами. На жаль, останніми роками в Україні різко збільшилась кількість захворювань, які пов'язані з обміном речовин. До цих захворювань належать ожиріння, цукровий діабет, серцево-судинні захворювання. Першопричиною їх можна вважати зміни в сучасному харчуванні — заміна традиційних натуральних продуктів на продукти рафіновані, консервовані, які практично повністю позбавлені природного комплексу супутніх біологічно поживних речовин. Тож пошук альтернативних натуральних цукрозамінників, які підвищують біологічну цінність та різноманіття харчових продуктів, є актуальним напрямком сучасних досліджень у харчовій промисловості.

Виробництво нових цукровмісних продуктів, які у своєму складі поряд з сахарозою, фруктозою та глюкозою містять природні біологічно активні речовини, є одним із перспективних напрямків розвитку харчової промисловості. Запорукою успіху цих досліджень є розширення асортименту цукровмісних продуктів функціонального, лікувального та дієтичного харчування.

Як перспективна сільськогосподарська культура, новий сировинний ресурс для виробництва натуральних цукровмісних продуктів може використовуватись сорго цукрове. Ця культура характеризується коротким періодом дозрівання, добре переносить ґрунтово-повітряні посухи, забезпечує високі і стабільні врожаї зерна та зеленої біомаси. Всі ці позитивні властивості сорго цукрового дають змогу успішно вирощувати його у кліматичних умовах України [1].

Сік стебел сорго цукрового містить у своєму складі вільні розчинні цукри, амінокислоти, вітаміни, макро- та мікроелементи, що дає підстави вважати сорго цукрове альтернативною сировиною цукровому буряку. Цукрове сорго є чудовою культурою для отримання рідких цукропродуктів підвищеної біологічної цінності, які містять у своєму складі значний відсоток моноцукрів (глюкози та фруктози), що перешкоджають процесу кристалізації сахарози.

Цукрове сорго вирощується у понад 85 країнах світу. Це Східна (Ефіопія) та Центральна (Судан, Кенія) Африка, Східна (Китай) та Західна (Росія) Азія, Північна Америка (США, Сальвадор, Гондурас) та Австралія. Найбільш поширеним культивування сорго є у США (80% від ринку). В Україні центрами вирощування цукрового сорго є південні регіони — Одеська, Миколаївська, Херсонська област. [2]. В останні роки культура сорго цукрового розширила свій ареал вирощування і досить успішно адаптувалась в умовах Центрального Лісостепу України, забезпечуючи за короткий термін вегетації (90—120 діб) достатньо високий урожай зеленої маси (понад 100 т/га).

Перспективність цієї культури для харчової промисловості зумовлюється широким спектром її використання, зокрема для виробництва цукрових сиропів, спирту, ферментованих продуктів, а також для отримання продукції технічного призначення з лігноцелюлозних відходів основного виробництва [3—7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У ряді країн (США, Канада, Австралія, Італія, Індія, Угорщина, Румунія) сорго цукрове досить успішно використовується для отримання сиропів. Лідером з виробництва сиропів цукрового

сорго є США, де налагоджено промислове їх виробництво в Prairie Apiaries (Іллінойс), Oberholtzer's (Кентуккі), Golden Barrel (Пенсильванія) [8].

За підходами до споживання сиропів сорго європейські країни можна умовно розділяти на три категорії — країни з власними потужностями вирощування та виробництва сиропів цукрового сорго (РФ, Болгарія), країни-імпортери сиропів цукрового сорго з США (Німеччина, Австрія, Франція тощо), країни, що не споживають сиропи цукрового сорго (Україна, Іспанія, Греція, Румунія тощо) [9].

На сьогодні в Україні не існує діючого промислового виробництва цукровмісного продукту із сорго цукрового. Однак продуктивна наукова робота у цьому напрямку ведеться, яка підкріплюється зацікавленістю виробників аграрного сектору. В перспективі планується впровадження промислових потужностей з виробництва сиропів.

Традиційною технологією цукрових сиропів передбачається термічне випарювання у різних модифікаціях апаратурного оформлення (відкрите, вакуумне, киплячої плівки тощо) [10]. Відомі також методи виробництва концентратів виморожуванням [11] і за допомогою зворотного осмосу [12]. Недоліками кріоконцентрування та зворотного осмосу є висока собівартість концентратів (виморожування), низький вміст сухих речовин (зворотний осмос).

Термічне випарювання полягає у нагріванні вихідного соку та видаленні розчинника (води) із парою або конденсацією. Серед переваг цього способу є простота апаратурного оформлення, висока продуктивність і стерильність процесу. Недоліками високотемпературного концентрування є часткове окиснення термочутливих компонентів соку (зокрема вітамінів і ферментів), відгонка одорантів соку (або необхідність експлуатації додаткових модулів, які здатні відганяти одоранти окремо від соку), значні енергетичні витрати процесу. Найбільш суттєвим недоліком процесу термічного випарювання є виникнення локальних перегрівів соку, що призводить до карамелізації цукрів та утворення барвних речовин. Продукти цього циклу реакцій погіршують органолептичні показники соку (поява гіркої присмаку, суттєве помутніння та потемніння), хімічний склад продукту (зниження вмісту моносахаридів і термочутливих речовин). Тому для забезпечення якісних властивостей отриманих продуктів випарювання соків необхідно здійснювати за більш низьких температур протягом короткого проміжку часу.

Одним із методів концентрування соку зі зниженням енергетичних витрат і збереженням харчового профілю сиропу є мембранна дистиляція, що полягає у проходженні соку через пористий матеріал, який є селективним відносно розчинених речовин. Рушійною силою процесу можуть бути різниця концентрацій, тисків і температур по обидві сторони мембрани. Серед переваг цього методу, порівняно з традиційними, є простота апаратурного оформлення, проведення процесу за нижчих температур, що забезпечує збереження одорантів і термочутливих речовин соку, модульність установки та можливість регулювання робочих параметрів процесу.

У світовій практиці відомі дослідження з концентрування соків шляхом використання мембранної дистиляції [13]. Застосування такої технології здійснюється при відносно низьких температурах, що дає змогу отримувати концентрати з вмістом сухих речовин порядку 60...70% та високою біологічною цінністю. Перевагами мембранної дистиляції, якщо порівняти з іншими техно-

логіями концентрування, є висока якість концентратів, можливість досягнення високого вмісту сухих речовин, зменшення витрат енергоносіїв за рахунок низької температури процесу.

Окрім того, перспективним напрямком застосування мембранних процесів є стадія попереднього освітлення цукровмісних соків. Метою попереднього освітлення соку є максимально повне вилучення високомолекулярних сполук (ВМС), що призводить у подальшому до підвищення чистоти готового продукту та зниження його забарвленості. Традиційно освітлення соків перед їх концентруванням проводять за допомогою бентоніту, желатину, SiO_2 , фільтруванням через діатомітовий і кізельгуровий фільтри. Науковцями [14] запропоновано застосування цеоліту для додаткового очищення цукровмісних соків бурякоцукрового виробництва.

З огляду на зазначене вище, **метою дослідження** є застосування мембранної технології для освітлення та концентрування соку сорго цукрового задля підвищення якісних показників кінцевого продукту і можливості використання його у різних харчових продуктах як цукрової складової.

Матеріали і методи. Як сировину досліджували пресовий сік із стебел цукрового сорго. Зразки рослин сорго цукрового були вирощені і відібрані на дослідних ділянках поля Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (с. Ксаверівка Васильківського району Київської області).

Методика одержання соку. Підготовчий етап одержання соку сорго цукрового полягав у очищенні та подрібненні стебел, вилученні соку, відокремленні мезги. Наступним етапом було проведення процесу термічної коагуляції нецукрів соку і клейстеризації крохмалю. Ферментативний гідроліз крохмалю здійснювали у два етапи. Декстринізацію й одночасне розрідження крохмалю проводили з додаванням ферментного препарату α -амілази у кількості 2,5—3,0 одиниць активності на 1 г сухої речовини крохмалю за температури процесу 70—75°C і тривалості 30—60 хвилин. Зцукрювання декстринів до глюкози проводили з додаванням глюкоамілази в кількості 3,0—4,0 одиниць активності на 1 г сухої речовини крохмалю за температури процесу 57—58°C і тривалості 30—40 хвилин. Для осадження речовин колоїдної дисперсності до соку цукрового сорго додавали флокулянт, витримували при перемішуванні протягом 20—30 хв за температури 60—70°C та відокремлювали осад шляхом фільтрування [15].

Методика освітлення соку. На наступному технологічному етапі проводили освітлення соку за допомогою методу ультрафільтрації (УФ) [16]. Для проведення ультрафільтрації використовували експериментальну баромембранну установку, обладнану трековою мембраною на основі поліетилентерефталату (ПЕТФ) із діаметром пор мембрани у межах 0,08—0,15 мкм. Процес ультрафільтрації соку сорго проводили в непроточному режимі в ультрафільтраційній циліндричній комірці *Milipore Amicon 8200 Stirred Ultrafiltraion Mini Cell* з поліпропілену ємністю 0,2 дм³ та площею робочої поверхні мембрани — 2,9·10⁻³ м². Мембрана в ультрафільтраційній комірці розташована горизонтально, ємність з робочим розчином розташована над мембраною. Для уникнення концентраційної поляризації робочий розчин турбулізували за допомогою магнітної мішалки. Процес проводили за умови перемішування соку зі швидкістю 360—420 об/хв при температурі 12°C та постійному тиску 0,15 МПа.

Продуктивність мембрани та швидкість об'ємного потоку J_v , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ розраховували за формулою:

$$J_v = \frac{\Delta V}{S \cdot \Delta t}, \quad (1)$$

де ΔV — об'єм дистилляту, який пройшов через мембрану площею S за час Δt .

Методика концентрування соку. Концентрування освітленого соку проводили на експериментальній установці контактної мембранної дистиляції (КМД) [17]. В установці КМД мембранна комірка складається з двох камер, розділених гідрофобною мікропористою мембраною, хімічно і механічно стійкою та водонепроникною. Для досліджень використовували гідрофобну мікрофільтраційну мембрану з кополімеру ВДФ (вініліденфториду) з ТФЕ (тетрафторетиленом) на поліпропіленовій підкладці, з діаметром пор мембрани 0,45 $\mu\text{м}$ та площею робочої поверхні $7,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Мембрана була розташована горизонтально, причому активний шар мембрани зорієнтований у напрямку гарячої камери.

Циркуляцію розчинів по контурах («контур підігріву» — ємність з початковим розчином і «контур охолодження» — приймальна ємність з дистильованою водою) здійснювали за допомогою перистальтичного насоса при об'ємному потоці $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ дм}^3/\text{с}$. Температуру теплоносія у контурі підігріву змінювали відповідно до умов експерименту в діапазоні $30 \dots 70^\circ\text{C}$ для визначення оптимальних технологічних значень процесу. Температуру теплоносія підтримували за допомогою термостата Wise Circu WCB-11. Камеру з дистиллятом охолоджували водопровідною водою, температура якої становила $10 \text{—} 13^\circ\text{C}$.

Принципову схему експериментальної КМД установки представлено на рис. 1.

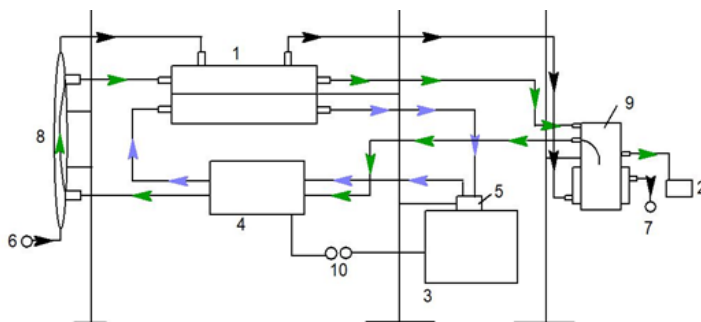


Рис. 1. Схема експериментальної установки контактної мембранної дистиляції:
 1 — мембранна комірка; 2 — ємність для пермеату; 3 — термостат; 4 — перистальтичний насос; 5 — ємність для початкового розчину; 6 — кран подачі холодоагенту в охолоджувальний контур; 7 — клапан рециркуляції охолоджувального контуру; 8 — теплообмінник; 9 — розподільча ємність, 10 — елемент живлення

Визначення фізико-хімічних показників соку. Для підтвердження ефективності досліджуваних способів освітлення та концентрування соку сорго визначали зміну таких фізико-хімічних показників: вміст ВМС і колоїдів визначали за методом А. В. Думанського і С. Є. Харіна в модифікації С. І. Королькова і П. М. Сіліна [18], забарвленість продукту — методом фотоколориметрії за дов-

жини хвилі 560 нм, рН — потенціометричним методом, вміст сухих речовин — методом рефрактометрії, загальний вміст цукрів та редукувальних речовин визначали за методом Люффа-Шорля [19].

Викладення основних результатів дослідження. Попереднє освітлення соку проводили для вилучення ВМС та стерилізації вихідного продукту. Застосування ферментативного гідролізу крохмалю під час проведення попередньої обробки соку сорго забезпечує його високу фільтраційну здатність унаслідок відсутності декстринів в очищеному соку та сприяє збільшенню вмісту моноцукридів, що підвищує харчову цінність готового продукту. Результати експериментальних досліджень, наведених у табл. 1, показали, що під час попереднього очищення пресового соку сорго видаляється частина високомолекулярних сполук (ВМС) за рахунок їх осадження при взаємодії з флокулянтном, що дає змогу в подальшому суттєво підвищити чистоту продукту та знизити його забарвленість. Так, ефект видалення ВМС у попередньо очищеному соку порівняно з вихідним пресовим соком сорго склав, відповідно, 36,07%.

Крім того, попередня обробка соку сорго забезпечує більшу продуктивність наступної стадії очищення — ультрафільтрації за рахунок зменшення кількості високомолекулярних сполук, внаслідок чого зменшується або відсутнє формування на поверхні мембрани гелевих шарів у процесі мембранного освітлення, що позитивно впливає на продуктивність процесу фільтрації. За результатами експериментальних досліджень, наведених у табл. 1, можна стверджувати, що застосування ультрафільтраційного методу для обробки попередньо очищеного соку сорго забезпечує зниження вмісту ВМС на 23,2% та забарвленості на 33 од. ICUMSA. Поліпшення фізико-хімічних показників освітленого соку забезпечило підвищення його чистоти на 2,6 одиниці.

Таблиця 1. Аналіз фізико-хімічних показників соку до та після процесу ультрафільтраційного освітлення

Параметри	Одиниці вимірювання	Вихідний пресовий сік	Сік після стадії попереднього очищення	Сік після УФ освітлення
Вміст сухих речовин	%	17,60	18,10	16,20
Вміст загальних цукрів	% до маси пр.	14,20	14,93	13,71
Чистота	% цукру до маси СР	80,68	82,48	84,63
Вміст ВМС	% до маси СР	8,76	5,60	4,30
Вміст редукувальних речовин	% до маси пр.	5,23	5,58	4,88
Вміст цукрози	% до маси пр.	8,97	9,35	8,83
Активна кислотність, рН ₂₀		5,31	5,36	5,36
Забарвленість	од. ICUMSA	—	228,4	195,3

Ультрафільтраційне освітлення соку забезпечує видалення суспензійних речовин і поліпшує продуктивність процесу концентрування з мінімальними втратами поживних речовин.

Оскільки переважними характеристиками сиропів для подальшого застосування є приємний аромат, однорідний тьмянний колір, помірна в'язкість, відсутність осаду, м'якоті та висока чистота, а необхідними параметрами процесу концентрування — висока продуктивність, то застосування ультрафільтраційного методу освітлення необхідна складова технологічного процесу.

З метою дослідження оптимальної тривалості процесу УФ проведено визначення продуктивності процесу освітлення соку сорго та швидкості його об'ємного потоку на трековій мембрані на основі ПЕТФ в часі. Тривалість процесу складала 3,5 год. Параметром, що вказує на якість мембрани, яку застосовували під час освітлення, слугувало значення об'ємного потоку розчинника J_v . Значення зміни продуктивності потоку на цій мембрані має зниження, не досить суттєве у часі: на початку процесу складало 28,4 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$, а через 3,5 год — 22,6 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$.

Тож можна зробити висновок, що при проведенні УФ обробки соку сорго досягаються позитивні зміни фізико-хімічних показників освітленого соку за умови відносно стабільної продуктивності процесу у часі.

Концентрування освітленого соку проводили методом контактної мембранної дистиляції. Важливим обґрунтуванням вибору КМД як методу концентрування соку цукрового сорго є простота практичної реалізації, більша швидкість потоку речовини для соків з великою концентрацією грубо дисперсних частинок, яка досягається за рахунок переходу парів соку через мембрану. Наявність теоретичних і практичних моделей концентрування соків методом КМД розширює галузі застосування цього методу з можливістю модифікації робочих параметрів [20]. Основні робочі параметри процесу наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Характеристики робочого процесу концентрування соку

Показник	Одиниці вимірювання	Δt °C					
		20	30	40	50	60	70
Тривалість процесу	год	5,25	4,36	4,16	3,45	3,0	2,14
Продуктивність по соку	$\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$	0,85	0,91	1,38	2,23	2,28	4,87
Продуктивність по воді	$\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$	1,45	1,46	3,08	3,58	4,95	6,25
Температура гарячого кола	°C	30	40	50	60	70	80

Застосування для освітлення попередньо очищеного соку сорго методів ультрафільтрації та концентрування шляхом контактної мембранної дистиляції дало змогу забезпечити оптимальні характеристики отриманого напівсиропу. Так, вміст сухих речовин у продукті підвищився в середньому в 2,09 раза. При цьому забарвленість сиропу збільшилася за рахунок концентрування в 3,06 раза (табл. 3).

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники соку до та після процесу концентрування

Показник	Одиниці вимірювання	Освітлений сік	Δt °C					
			20	30	40	50	60	70
Вміст сухих речовин	%	16,20	21,00	22,00	25,80	33,90	35,00	35,80
Вміст загальних цукрів	% до маси пр.	13,71	17,90	19,00	22,40	29,60	30,10	30,20
Вміст редуковальних речовин	% до маси пр. % до маси СР	4,88	6,05 28,81	6,80 30,91	8,36 32,40	11,37 33,54	11,78 33,66	12,06 33,69
Вміст цукрози	% до маси пр. % до маси СР	8,83	11,85 56,43	12,20 55,45	14,04 54,42	18,23 53,77	18,32 52,34	18,14 50,67
Чистота	% до маси СР	84,63	85,23	86,36	86,82	87,31	86,00	84,36
Активна кислотність, рН ₂₀		5,36	4,82	4,93	5,25	5,16	5,20	5,18
Вміст ВМС	% до маси СР	4,30	9,59	9,61	9,67	10,01	11,46	12,38
Забарвленість	од. ICUMSA	195,3	412,9	413,0	415,6	428,0	486,0	602,7

За результатами проведених досліджень, наведених у табл. 3, можна прослідкувати закономірності між робочими параметрами процесу та зміною показників фізико-хімічних характеристик соку.

Так, вміст сухих речовин зростає зі збільшенням різниці температур проведення досліді. Необхідно відзначити, що при збільшенні різниці температур у діапазоні $\Delta t = 40...50^\circ\text{C}$ спостерігається збільшення вмісту сухих речовин, тоді як подальше підвищення різниці температур процесу забезпечує невелике зростання вмісту сухих речовин, натомість якість продукту суттєво знижується.

У результаті збільшення різниці температури процесу у діапазоні $\Delta t = 60...70^\circ\text{C}$ відмічається поступове зменшення чистоти концентрованого соку сорго, про що свідчать результати досліджень (рис. 2), що зумовлено процесами окиснення органічних речовин соку.

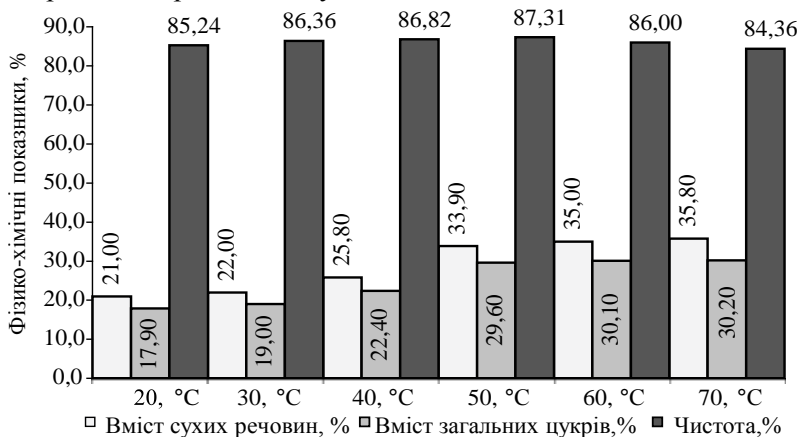


Рис. 2. Залежність фізико-хімічних показників соку сорго від температури процесу концентрування

Оскільки сік сорго цукрового є досить неоднорідною системою, який складається з вуглеводів цукрози, моноцукрів, а також амінокислот та інших органічних речовин і за умов впливу на систему високих температур протягом тривалого часу відбуваються незворотні зміни у її структурі.

Так, в умовах локального перегріву соку відбуваються процеси розкладу як амінокислот, так і відновного цукру, що містить карбонільні групи. З амінокислот утворюються відповідний альдегід, аміак і діоксид вуглецю, а із відновного цукру — фурфурол або оксиметилфурфурол, що легко вступають у взаємодію з утворенням барвних речовин (меланоїдинів), які, у свою чергу, посилюють забарвленість соку, що впливає на якість вихідного продукту як за кольором, так і за смаком.

Крім того, при впливі підвищених температур у низькоконцентрованих розчинах соку сорго та кислому середовищі відбуваються реакції розкладу цукрози з утворенням інвертного цукру. Іони водню, які утворюються в системі внаслідок дисоціації води та цукрози, сприяють прискоренню реакції інверсії, а подальше збільшення їх у системі, завдяки утворенню інвертного цукру та продуктів його розкладу, — органічних кислот, зумовлюють хімічні втрати цукрози.

Аналізуючи результати досліджень (табл. 3 та рис. 2), можна стверджувати, що для отримання напівсиропу із сорго цукрового високої якості необхідно проводити процес концентрування освітленого соку в діапазоні температур $\Delta t = 40 \dots 50^\circ\text{C}$.

Висновки

Доведено ефективність застосування та визначено раціональні умови здійснення процесу освітлення соку сорго цукрового методом ультрафільтрації. Результати експериментальних досліджень засвідчили, що застосування УФ після попереднього освітлення соку сорго забезпечує зниження вмісту ВМС на 23,2% та забарвленості на 33 од. ICUMSA.

Підтверджено ефективність концентрування освітленого соку методом контактної мембранної дистиляції. Встановлено, що під час концентрування вміст ВМС підвищився в 2,23 раза, забарвленість — в 3,06 раза. При цьому продуктивність процесу суттєво зростає: від 0,8...1,5 до 2,0...4,8 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ зі збільшенням від $\Delta t = 20 \dots 40^\circ\text{C}$ до $\Delta t = 50 \dots 70^\circ\text{C}$.

Рекомендовано здійснювати процес концентрування соку сорго методом контактної мембранної дистиляції у діапазоні температур $\Delta t = 40 \dots 50^\circ\text{C}$.

Література

1. Василенко Р. Агротехнологічні прийоми збільшення продуктивності сорго на Півдні України. *Пропозиція*. 2017. С. 82—85.
2. Agrama H. A., and Tuinstra M. R. Phylogenetic diversity and relation ship samong sorghu maccession susing SSRs and RAPDs. *African Journal of Biotechnology*. 2003. № 2. С. 334—340.
3. Teetor V. H., Duclos D. V., Wittenberg E. T., Young K. M., Chawhuaymak J., Riley M. R. & Ray D. T. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Industrial Crops and Products*. 2011. № 34. P. 1293—1300.
4. Werpy T., Petersen G., Aden A., Bozell J., Holladay J., White J. & Jones S. Op value added chemicals from biomass. Volume 1-Results of screening for potential candidates from sugar sand synthesis gas. Department of Energy Washington DC. 2004.

5. Григоренко Н. О., Штангеев В. О., Хомічак Л. М., Гріненко І. Г. Шляхи пошуку розширення асортименту продукції цукрової галузі України. *Цукор України*. 2016. № 6—7 (126—127). С. 41—44.
6. Левандовський Л. В., Олійничук С. Т., Ткаченко Л. В., Ткаченко А. Ф. Використання соку цукрового сорго для біосинтезу спирту. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 7. С. 63—65.
7. Карпутина М., Прибыльский В., Григоренко Н. Усовершенствование технологии ферментированного безалкогольного напитка с использованием культуры *Medusomyces gisevii*. *Химия и технология пищи*. Каунас, 2014. Т. 48, № 1. С. 5—11.
8. Kupchuk L. A., Kotynska L. Y., Sych N. V., Grigorenko N. A. Microporous carbonate catalysts from lignocellular waste pressing sorgo (bagasse). *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 6(70).
9. Golden Barrel. URL <https://goo.gl/AoJfYT>.
10. Sorghum Imports by Country in 1000 MT/ URL: <https://goo.gl/ePv517>.
11. Шобингер У. Фруктовые и овощные соки. Научные основы и технологии. Технология, химия, микробиология, экспертиза, значение и нормативное регулирование. Санкт-Петербург: Профессия, 2004.
12. Пап Л. Концентрирование вымораживанием. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 96 с.
13. Sheu M. J. and Wiley R. C. Preconcentration of apple juice by reverse osmosis. *Journal of Food Science*. 1983. 48.2. 422—429.
14. Kimura S., Nakao S. I., Shimatani S. I. Transport phenomena in membrane distillation. *Journal of Membrane Science*. 1987. № 33. С. 285—298.
15. Husiatynska N., Nechpor T., Husiatynskyi M., Shulga S. Research in to application of zeolite for purification of diffusion juice in sugar production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 5(11). P. 6—13.
16. Пат. 26940 Україна МПК 7 С 13 D 1/02. Спосіб отримання харчового сиропу із цукрового сорго / Штангеева Н. І., Салавор О. М., Штангеев В. О., Григоренко Н. О.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. — № 200706340; заявл. 07.06.2007; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 16.(Авторське свідоцтво UA №26940, МПК (2006) C13D1/00, бюл. № 16, від 10.10.2007).
17. Пат. 119377 Україна МПК 2019.01 С 13 В 20/16. Спосіб отримання харчового сиропу із соку стебел цукрового сорго / Григоренко Н. О., Вакулук П. В., Штангеев В. О., Чібріков В. В.; заявник та патентовласник Інститут продовольчих ресурсів НААН. — a201705280; заявл. 30.05.2017; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11.
18. Вакулук П. В., Петрук В. В., Філатова Д. М., Сергійчук І. А., Бурбан А. Ф. Отримання флуоромісних мембран для очистки шахтних вод методом мембранної дистиляції. *Наукові записки НАУКМА. Хімічні науки і технології*. 2014. № 157. С. 38—42.
19. Технологія цукристих речовин. Лаборатор. практикум / М. П. Купчик, Л. П. Рева, Н. І. Штангеева та ін. К. НУХТ, 2007. 393 с.
20. Методи контролю харчових виробництв: Лаб. практикум / Н. І. Штангеева, Л. І. Чернявська, Л. П. Рева та ін. К.: УДУХТ, 2000. 240 с.
21. Bélafi-Bakó K., Koroknai B. Enhanced water flux in fruit juice concentration: Coupled operation of osmotic evaporation and membrane distillation. *Journal of Membrane Science*. 2006. № 269. С. 187—193.

FORMATION OF THE MICROSTRUCTURE
OF THE EMULSION-FOAM STRUCTURE
OF CREAMS FROM WHIPPED CREAM
WITH LOW FAT CONTENT WITH LACTULOSE

Yu. Kambulova, Yu. Zvyagintseva-Semenets, N. Reshitnik

National University of Food Technologies

Key words:

*Creams from whipped
cream,
Emulsion-foam system,
Sugar,
Fructose,
Glucose,
Lactulose*

Article history:

Received 02.12.2019
Received in revised form
16.12.2019
Accepted 13.01.2020

Corresponding author:

Yu. Zvyagintseva-
Semenets

E-mail:

jliaua@bigmir.net

ABSTRACT

The paper presents the results of studies of physicochemical parameters and the microstructure of creams from whipped cream with low fat content with the addition of lactulose with various types of sugars.

Lactulose is one of the promising types of sugars that can be used in food technologies, but the majority of lactulose is used to create fermented milk products. The use of lactulose does not cause an increase of glucose in blood, which makes it possible to use it in the treatment of diabetes. It was established that lactulose, both separately and in combination with bifidobacteria, promotes the absorption of calcium and increase bone strength in osteoporosis, activates the immune system. It is generally accepted to consider lactulose as a prebiotic. Lactulose was widely used in Japan; it was included in the list of strategic products for maintaining the health of the Japanese nation.

At the National University of Food Technologies (NUFT) a range of whipped creams has been developed for decorating flour confectionery with various types of sugars — crystalline white sugar, glucose and fructose. In order to provide products with functional and health-improving properties, the introduction of lactulose has been proposed to replace part of the main sugar.

It has been found that the addition of lactulose negatively affects the whipping of creams and significantly changes the pattern of the dispersed phase of creams. So, the addition of lactulose worsens foaming, increases the density of creams due to an increase in the viscosity of the dispersion medium.

With the addition of lactulose, the air concentration in the system is significantly reduced and the diameter of the air bubbles decreases, moreover, the number of air bubbles decreases during storage. An increase in the concentration of lactulose deepens the negative effect, so the introduction of only 3 g per 100 g of product is optimal. But even a low amount of injected lactulose provides coverage of the daily need of lactulose by 30% of the daily intake. This proves the possibility of developing functional creams.

ФОРМУВАННЯ МІКРОСТРУКТУРИ ЕМУЛЬСІЙНО-ПІННОЇ СТРУКТУРИ КРЕМІВ ІЗ ЗБИТИХ ВЕРШКІВ ПОНИЖЕНОЇ ЖИРНОСТІ З ЛАКТУЛОЗОЮ

Ю. В. Камбулова, Ю. П. Звягінцева-Семенець, Н. Я. Решітник

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень фізико-хімічних показників і мікроструктури кремів із збитих вершків пониженої жирності за додавання лактулози в суміші з різними видами цукрів.

Лактулоза є одним із перспективних видів цукрів, який може застосовуватись у технологіях харчової промисловості, проте переважна більшість лактулози використовується при створенні кисломолочних продуктів. Вживання лактулози не викликає підвищення рівня глюкози в крові, що надає можливість використання цукру при створенні продукції для харчування людей, хворих на цукровий діабет. Установлено, що лактулоза, як окремо, так і в комбінації з біфідобактеріями, сприяє засвоєнню кальцію та підвищенню міцності кісток при остеопорозі, активізує імунітет. Загальноприйнято вважати лактулозу пребіотиком. Найширшого використання лактулоза набула в Японії, вона увійшла до списку стратегічних продуктів для збереження здоров'я японської нації.

У Національному університеті харчових технологій (НУХТ) розроблений асортимент кремів із збитих вершків для оздоблення борошняних кондитерських виробів з різними видами цукрів — цукром білим кристалічним, глюкозою і фруктозою. З метою надання продукції функціонально-оздоровчих властивостей, запропоновано внесення лактулози на заміну частини основного цукру.

Встановлено, що додавання лактулози негативно впливає на піноутворення кремів із збитих вершків і суттєво змінює мікроструктуру дисперсної фази кремів: піна має менший діаметр пухирців повітря. Так, додавання лактулози погіршує піноутворення (збитість), підвищує показник густини кремів унаслідок підвищення в'язкості дисперсійного середовища.

При додаванні лактулози значно зменшується концентрація повітря в системі і діаметр пухирців повітря, до того ж кількість пухирців повітря зменшується з часом зберігання. Збільшення концентрації лактулози поглиблює негативний вплив, тому оптимальним є введення всього 3 г на 100 г продукту. Але навіть невисока кількість введеної лактулози забезпечує добову потребу на 30% від щоденної норми споживання. Це доводить можливість розроблення кремів функціонального спрямування.

Ключові слова: *креми із збитих вершків, емульсійно-пінна система, сахароза, фруктоза, глюкоза, лактулоза.*

Постановка проблеми. Харчування є найважливішою фізіологічною потребою організму і має надзвичайно важливий вплив на життя та здоров'я людини. Одним із проявів здорового харчування є корегування кількості та якості жирів, що надходять в організм людини. Всесвітньою організацією охорони здоров'я

надано рекомендації, що сумарне споживання жирів не повинно перевищувати 30% від усієї енергії, що надходить в організм людини. До того ж із раціону харчування слід намагатись виключити промислові трансжири [1].

У НУХТ, ученими кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів, розроблений асортимент кремів із збитих вершків для оздоблення борошняних кондитерських виробів з різними видами цукрів — цукром білим кристалічним, глюкозою і фруктозою [2]. Креми характеризуються невисокою енергетичною цінністю порівняно з традиційними аналогами завдяки використанню низькожирних вершків молочних. При цьому стабілізацію складної емульсійно-пінної структури запропоновано забезпечити введенням полісахаридів рослинного походження — альгінату натрію та λ -каррагінану. Вивчено раціональні співвідношення основних рецептурних компонентів, які забезпечують необхідні органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості кремів; обґрунтовано технологічні параметри виробництва.

Продовженням напрямку застосування різних цукрів у технологіях кондитерської продукції, в тому числі для виробництва оздоблювальних кремів, є застосування лактулози, — цукру, що синтезують з лактози підсирної сироватки. Лактулоза є потужним пребіотиком, який знайшов широке використання в технології молочної продукції завдяки симбіозу з молочнокислими бактеріями.

Усі застосовувані цукри характеризуються різними фізико-хімічними показниками: розчинністю, температурою плавлення, температурою склування, густиною і в'язкістю їхніх водних розчинів, які залежать від будови і молекулярної маси. Тому застосування лактулози в технологіях кремів потребуватиме проведення експериментального порівняльного аналізу впливу цукру на основні показники продукції.

Одним із перспективних видів цукрів, який застосовується в технологіях молочної продукції, є лактулоза. Лактулоза — синтетичний структурний ізомер лактози (4-О-бета-D-галактопіранозил-D-фруктоза), що складається з фрагментів молекул галактози і фруктози, з'єднаних глікозидним зв'язком [3]. Лактулозу в промислових кількостях синтезують з лактози, яку, у свою чергу, виробляють із підсирної сироватки, відходів виробництва молочних продуктів.

Ринок лактулози в Україні незначний. Переважна більшість лактулози застосовується у вигляді медичних препаратів — для лікування і запобігання захворюванням мікрофлори кишківника. Але з 2013 р. в молочної галузі відмічена позитивна тенденція випуску пребіотичних виробів і розпочато випуск низки молочних продуктів з лактулозою: йогурти й кефіри «Лактонія» (ДП «Лакталіс-Україна»), «Маселко» з лактулозою (Імперія жирів), «Симбілакт» (Альба ТИММ), «Агуша» — молоко з лактулозою. У кондитерській промисловості України лактулоза досі не знайшла застосування в промисловому виробництві. Проте вченими України запропоновані рецептури мафінів [4], жувальної карамелі [5], вершкового морозива [6]. Встановлено, що пребіотик лактулоза здатний суттєво впливати на структурно-механічні властивості тістових мас. Так, вченими доведено, що часткова заміна цукру білого кристалічного на лактулозу послаблює структуру тістової маси, тому науковцями рекомендовано для кращого збереження структури тіста під час формування виробів здійснювати збивання тістової маси зі швидкістю зсуву не більше 50 с^{-1} .

Статус «функціональний харчовий продукт» отримала жувальна карамель «Смаковита» на основі сахарози і пребіотику лактулози (в кількості 4,4 г, що забезпечує задоволення 40% добової потреби за умови споживання 100 г карамелі) [5]. Проведено дослідження впливу лактулози на структурно-механічні властивості жувальної карамельної маси і встановлено, що лактулоза зменшує міцність жувальної карамельної маси, виготовленої на сахарозі — на 2%, на глюкозі — на 3%. Причиною такого впливу автори називають кращу розчинність лактулози порівняно із сахарозою і глюкозою.

Знайшло застосування лактулози у вигляді сиропу «Лактусан», який містить 65—67% чистої лактулози [6] в рецептурі молочного і вершкового морозива. Сироп вносять у кількості 2% від об'єму суміші, що повністю задовольняє потребу людини в пребіотику.

Метою статті є вивчення можливості використання лактулози у кремах із збитих вершків жирністю 20% з полісахаридами і різними цукрами — сахарозою, глюкозою і фруктозою, та дослідження впливу лактулози на фізико-хімічні показники і мікроструктуру кремів із збитих вершків пониженої жирності.

Матеріали і методи. Об'єктом досліджень є визначення фізико-хімічних показників і мікроструктури кремів із збитих вершків з альгінатом натрію, *j*-каррагінаном з використанням різних видів цукрів і лактулози. У дослідженнях використано таку сировину: цукор білий кристалічний (ЦБК) згідно з ДСТУ 4623:2006; вершки «Ферма» жирністю 20% згідно з ТУ У 15,5-31984307-003:2006; натрію альгінат, *j*-каррагінан (компанія «GE Roeser GmbH», Німеччина); глюкозу (СР — 89,2%), фруктозу (СР — 97,4%), лактулозу (СР — 91%) — згідно з чинною НД.

Моделльні зразки кремів готували за такими технологічними схемами: для приготування крему на альгінаті натрію структуроутворювач і цукор розчиняли у вершках за співвідношення компонентів (АН:вершки:ЦБК)1:40:1, для кремів з використанням фруктози і глюкози — 1:50:1 (АН:вершки:цукор). Отриманий розчин нагрівали до температури 85...90°C до повного розчинення структуроутворювача й охолоджували до температури 10...12°C. На наступному етапі збивали попередньо охолоджені до температури 2...4°C вершки протягом 1...2 хв, після чого, не припиняючи збивання, вводили отриману суміш з гідроколоїдом і решту цукру, зазначену в рецептурі. Загальний час збивання кремів склав 14...16 хв.

Для приготування кремів з *j*-каррагінаном структуроутворювач і цукор розчиняли у вершках за співвідношення компонентів 1:40:20 (*j*-каррагінан:вершки: ЦБК) і 1:50:10 (*j*-каррагінан:вершки:фруктоза або глюкоза), нагрівали до повного розчинення в інтервалі температур 90...95°C і охолоджували до 8±2°C. Для приготування крему решту вершків, зазначених за рецептурою і попередньо охолоджених до температури 2...4°C, збивали протягом 1...2 хв, після чого, не припиняючи збивання, поступово вводили отриману суміш з гідроколоїдом і залишкову частину фруктози або глюкози. Загальний час збивання кремів склав 14...16 хв.

Лактулозу вводили наприкінці збивання крему, за 2—3 хв до закінчення збивання з метою максимального збереження її кількості. При приготуванні

кремів рецептурну кількість сахарози замінювали фруктозою або глюкозою еквівалентно за вмістом сухих речовин.

Дослідження мікроструктури пінних систем здійснювали за допомогою оптичного тринокулярного мікроскопа [7]. Готували препарат «роздавлена крапля», для якого на предметне скло наносили краплю досліджуваної піни, накривали покривним склом. Зразок розміщували під мікроскоп і отримували фотокартку зразка зі збільшенням у 400 разів. За фотографіями розраховували площу кожного пухирця, а також площу дослідного зразка і концентрацію повітря в системі за формулами 1—3:

$$S_d = a \cdot b, \quad (1)$$

де S_d — площа дослідного зразка, м²; a — довжина фотокартки, м; b — ширина фотокартки, м.

$$\sum S = S_1 + S_2 + \dots + S_n, \quad (2)$$

де $\sum S$ — сума площ пухирців повітря, м²; S_1, S_2, \dots, S_n — площа кожного пухирця, м².

$$\varphi_{\text{пов}} = \sum S / S_d \cdot 100\%, \quad (3)$$

де $\varphi_{\text{пов}}$ — концентрація повітря в системі, %; $\sum S$ — сума площ пухирців повітря, м²; S_d — площа дослідного зразка, м².

За площею пухирці розділили на сім груп: 1) S — 0...0,005 м²; 2) S — 0,006...0,01 м²; 3) S — 0,011...0,025 м²; 4) S — 0,026...0,05 м²; 5) S — 0,051...0,1 м²; 6) S — 0,11...0,15 м²; 7) S — > 0,15 м².

Збитість (піноутворення) і стійкість кремів із збитих вершків визначали за методом Лур'є [8; 9]. Розрахунок збитості проводили за формулою:

$$Зб. = \frac{V_n}{V_p} \cdot 100. \quad (4)$$

де V_n — об'єм піни, м³; V_p — об'єм розчину до збивання, м³.

Одночасно проводили визначення стійкості кремів із збитих вершків за формулою (5). Вимірювання здійснювали протягом 5 діб зберігання при температурі 279 К (6±2°C).

$$Ст. = \frac{h_2}{h_1} \cdot 100. \quad (5)$$

де h_1 — початкова висота піни, м⁻³; h_2 — висота піни після вистоявання, м⁻³.

Густину [10] кремів із збитих вершків визначали волюметричним методом. Розрахунок густини проводили за формулою:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (6)$$

Оцінку результатів експериментальних досліджень проводили з використанням методів розрахунку статистичної достовірності результатів вимірювання. Апроксимацію емпіричних даних проводили за допомогою електронних таблиць MSExcel.

Викладення основних результатів дослідження. Для вивчення впливу лактулози на якість кремів із збитих вершків з різними видами цукрів було введено її рекомендовану кількість (до 10 г на 100 г продукту) на заміну основного цукру. Заміну здійснювали за кількістю сухих речовин, якість кремів оцінювали за основними параметрами піноутворення: збитістю і стійкістю.

У ході досліджень встановлено, що показник стійкості піни всіх дослідних зразків склав 100%, а показник збитості зменшувався залежно від кількості лактулози, яку вносили до складу крему (рис. 1).

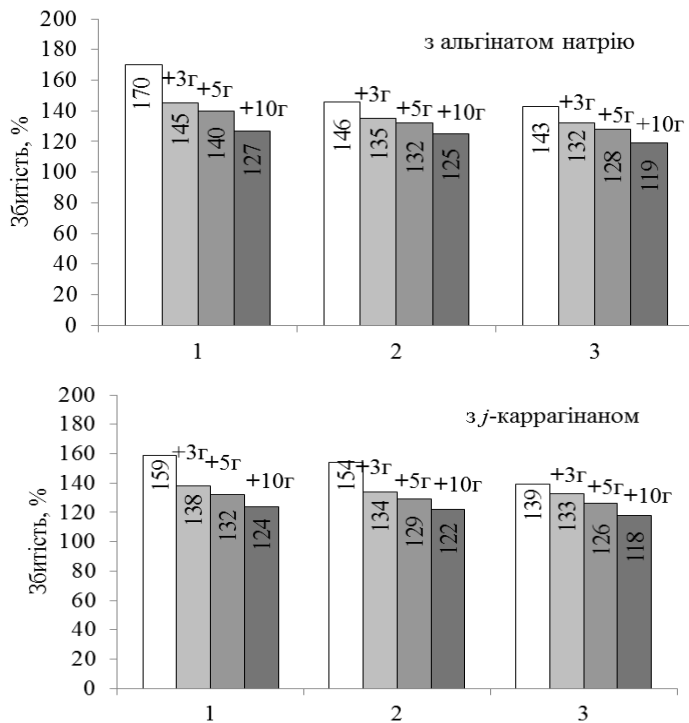


Рис. 1. Вплив лактулози на збитість кремів із збитих вершків з альгінатом натрію і j-каррагінаном:
 1 — сахарозою; 2 — глюкозою; 3 — фруктозою

За експериментальними даними зроблено декілька висновків. По-перше, додавання лактулози негативно впливає на піноутворення (збитість) унаслідок підвищення в'язкості дисперсійного середовища. З'ясовано, що додавання лактулози в кількості 3 г до крему з сахарозою знижує збитість кремів на 15—13% (для крему з альгінатом натрію і сахарозою збитість складає — $170 \pm 2\%$, а для кремів з j-каррагінаном і сахарозою — $159 \pm 2\%$); при використанні лактулози в рецептурі кремів з фруктозою збитість знижується на 8—4% (для крему з альгінатом натрію і фруктозою збитість складає — $143 \pm 2\%$, а для кремів з j-каррагінаном і фруктозою — $139 \pm 2\%$); для кремів з використанням глюкози і лактулози збитість знижується на 8—13% (для крему з альгінатом натрію і глюкозою збитість складає — $146 \pm 2\%$, а для кремів з j-каррагінаном і глюкозою — $154 \pm 2\%$).

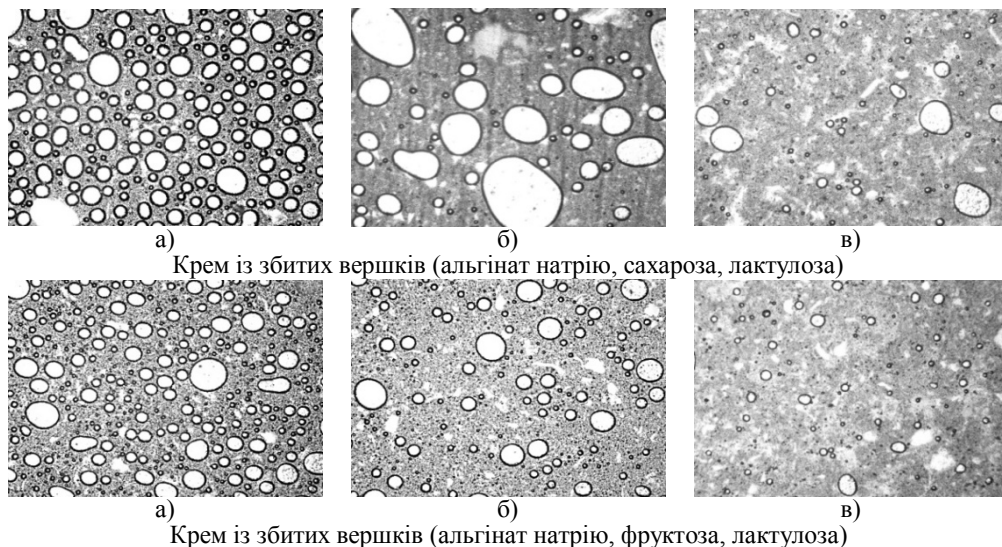
По-друге, збільшення концентрації лактулози в кремі посилює її негативний вплив на піноутворення. Наприклад, додавання 3 г лактулози до крему з альгінатом натрію і сахарозою зменшує збитість на 14,7% (з 170% до 145%); з альгінатом натрію і фруктозою на — 7,7% (з 143% до 132%); з альгінатом натрію і глюкозою на 7,5% (з 146% до 135%), аналогічні залежності відзначені і для

кремів із використання *j*-каррагінану. Так, додавання 3 г лактулози до крему з каррагінаном і сахарозою збитість зменшує на 13,2% (з 159% до 138%); для крему з каррагінаном і фруктозою на — 3,6% (з 138% до 133%); для крему з каррагінаном і глюкозою на — 13% (з 154% до 134%). Додавання 5 г лактулози до крему з альгінатом натрію і сахарозою зменшує збитість на 17,1% (з фруктозою — на 10,5%; з глюкозою — на 9%); до крему з *j*-каррагінаном і сахарозою зменшує збитість на 17% (з фруктозою на 9,4%; з глюкозою на 16,2%). Додавання 7 г лактулози до крему з альгінатом натрію і сахарозою зменшує збитість на 25% (з фруктозою на 16,8%; з глюкозою на 14,4%); до крему з *j*-каррагінаном і сахарозою зменшує збитість на 22% (з фруктозою на 15,2%; з глюкозою на 20,8%).

Водночас, додавання лактулози на заміну основного цукру підвищує показник густини кремів. Максимально можливою кількістю введення лактулози до складу кремів із збитих вершків є 3 г на 100 г крему, густина при цьому підвищується найменше, для крему з альгінатом натрію, сахарозою і лактулозою — на 5,4% (з 610 до 643 кг/м²); для крему з альгінатом натрію, фруктозою і лактулозою — на 8,7% (з 668 до 732 кг/м²); для крему з альгінатом натрію, глюкозою і лактулозою — на 11% (з 653 до 732 кг/м²); для крему з *j*-каррагінаном, сахарозою і лактулозою — на 5% (з 622 до 655 кг/м²); для крему з *j*-каррагінаном, фруктозою і лактулозою — на 0,7% (з 722 до 727 кг/м²); для крему з *j*-каррагінаном, глюкозою і лактулозою — на 6,2% (з 686 до 731 кг/м²).

Суттєвий вплив лактулози на якість піноутворення вершків спричинить зміни мікроструктури крему.

Мікроструктура досліджених зразків кремів з введенням лактулози в кількості 3г представлена на рис. 2.



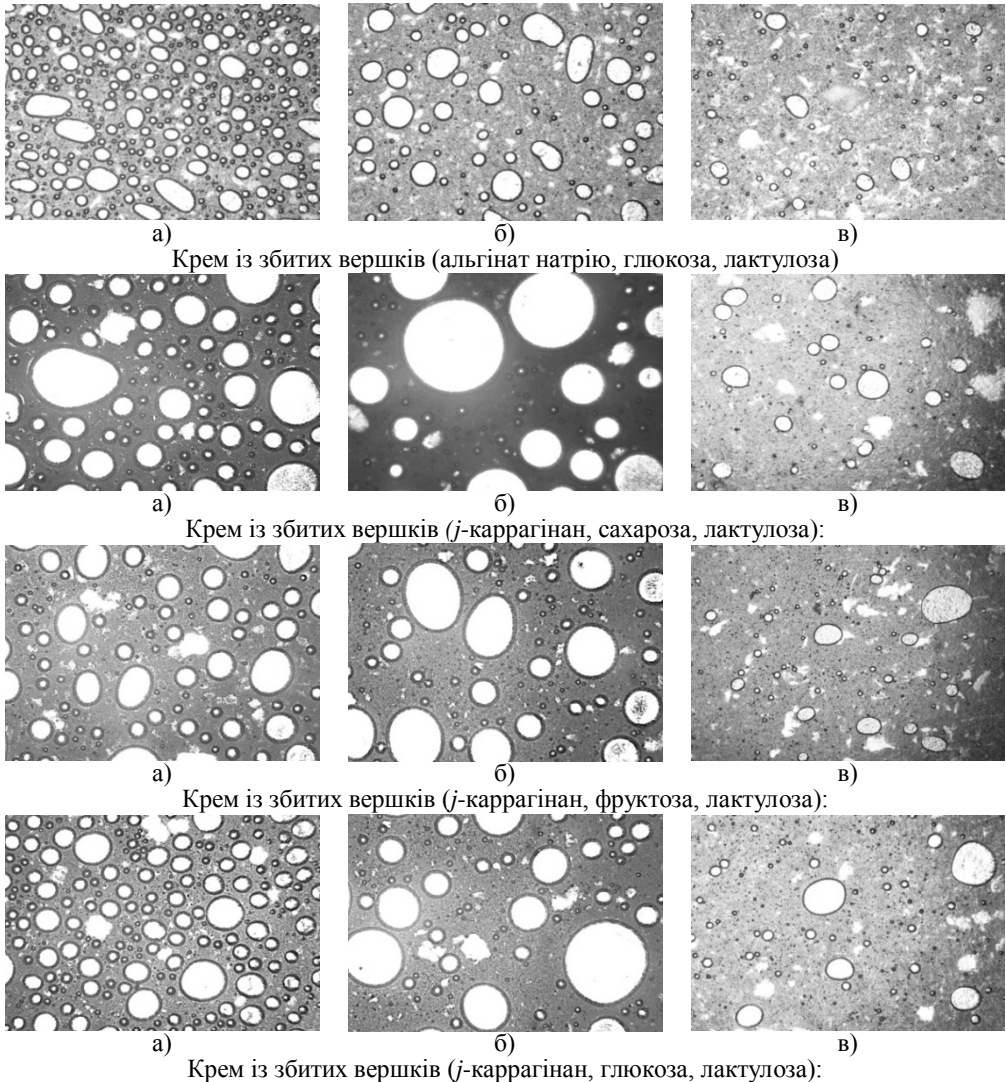


Рис. 2. Мікроструктура кремів із збитих вершків з лактулозою а) зразки одразу після збивання; б) зразки через 2 год зберігання; в) зразки через 5 дів зберігання.

Аналіз мікрофотографій показав, що при додаванні лактулози до складу кремів із збитих вершків діаметр пухирців повітря зменшується (рис. 3).

Результати даних показали, що при додаванні лактулози до складу кремів із збитих вершків значно зменшується концентрація повітря в систем. Наприклад, у зразках кремів з альгінатом натрію, сахарозою і лактулозою кількість повітря в системі залежно від тривалості зберігання варіює в межах від 23% до 4% (з альгінатом натрію і лише сахарозою — від 51% до 16%); в кремах з альгінатом натрію, глюкозою і лактулозою — від 18% до 3% (з альгінатом натрію і лише глюкозою — від 44% до 13%); в кремах з альгінатом натрію, фруктозою і лактулозою — від 17% до 2% (з альгінатом натрію і лише фруктозою — від 40% до 12%).

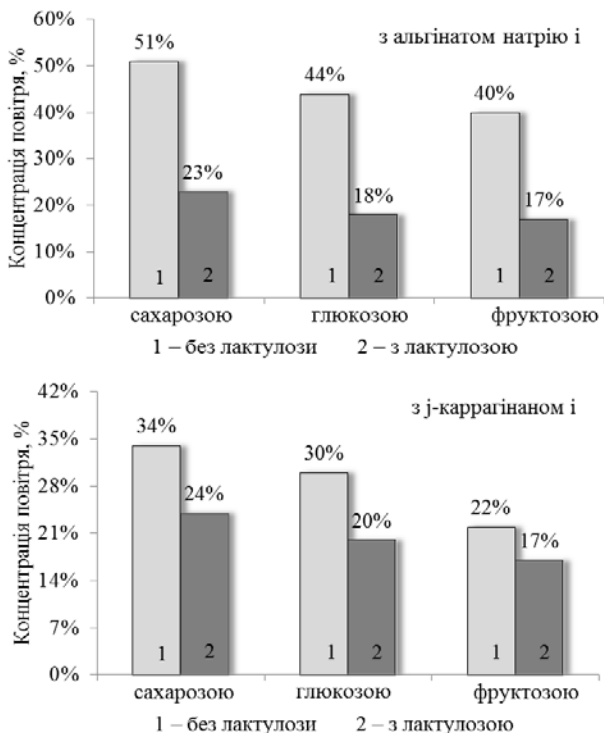
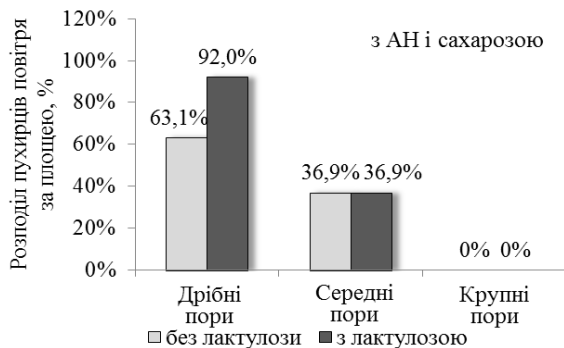


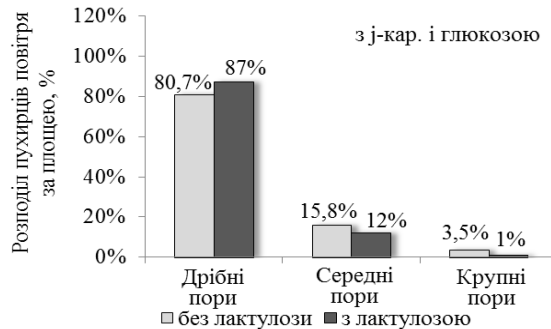
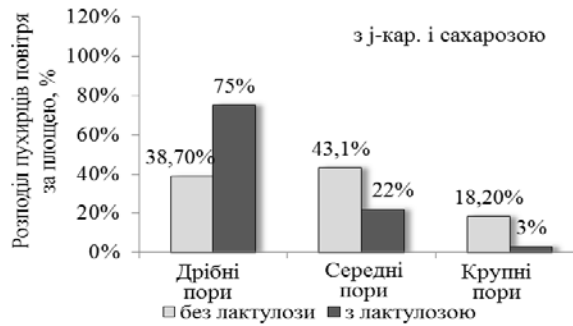
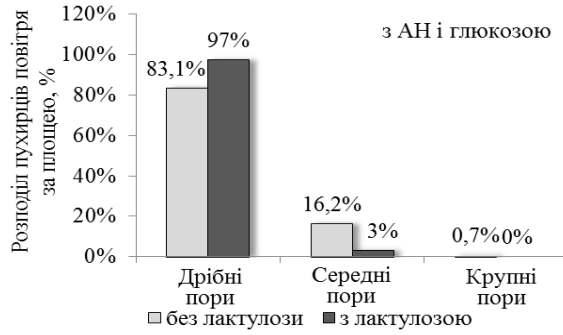
Рис. 3. Вміст повітря в зразках кремів із збитих вершків з різними цукрами

Аналогічні залежності були встановлені і з використанням j-каррагінану: в кремах з j-каррагінаном, сахарозою і лактулозою концентрація повітря в системі — від 24% до 7% (з j-каррагінаном і лише з сахарозою — від 34% до 13%); в зразках з j-каррагінаном, глюкозою і лактулозою — від 24% до 7% (з j-каррагінаном і лише з глюкозою — від 30% до 11%); з j-каррагінаном, фруктозою і лактулозою — від 17% до 5% (з j-каррагінаном і фруктозою — від 22% до 6%).

Слід відмітити, що надмірно низька концентрація повітря в зразках кремів з лактулозою після 5 діб зберігання підвищує суттєво густину, креми втрачають пишність, вимоги до консистенції не відповідають ДСТУ, що не дозволяє їх рекомендувати до споживання після такого терміну.

Також змінюється розподіл пухирців повітря за площею (рис. 4).





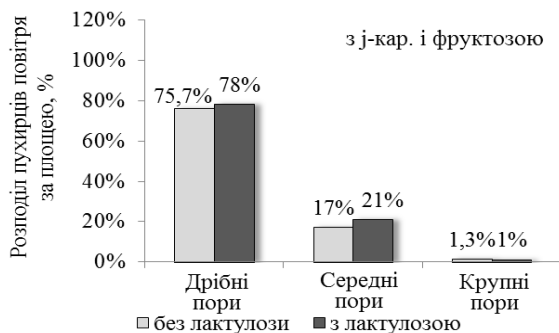


Рис. 4. Характеристика мікроструктури кремів із збитих вершків з різними цукрами

Як і в контрольних зразках, кількість пухирців повітря зменшується з часом зберігання. Так, одразу після збивання крем з альгінатом натрію, сахарозою і лактулозою представлений на 92% порами площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 8% порами з площею від $0,001 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання той самий зразок крему складається на 69% пор з площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 31% порами з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,15 \text{ м}^2$; через п'ять діб зберігання — на 88,7% пор з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 11,3% порами з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$); крем з альгінатом натрію, глюкозою і лактулозою одразу після збивання складається на 88% пор площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 12% порами з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання кількість повітря зменшується і зразок містить 83% пори з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і 17% пор з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$; через п'ять діб зберігання — 72% пор з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і 11,3% пор з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$); крем з альгінатом натрію, фруктозою і лактулозою одразу після збивання складається на 87% пор площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 13% порами з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання зразок містить 83% пор з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і 17% пор з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$; через п'ять діб зберігання — 98% пор з площею до $0,005 \text{ м}^2$ і 2% пор з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,01 \text{ м}^2$).

Аналогічні зміни відбуваються і для кремів з використанням *j*-каррагінану. Наприклад, одразу після збивання крем з *j*-каррагінаном, сахарозою і лактулозою складається на 75% пор площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 25% порами з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,1 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання в зразку крему міститься на 58,8% пор з площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 41,2% пор з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,15 \text{ м}^2$; через п'ять діб зберігання — на 84,4% пор з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 15,6% порами з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$); крем з *j*-каррагінаном, глюкозою і лактулозою складається на 87% пор площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 13% порами з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання в зразку крему міститься на 69% пор з площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 31% пор з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,1 \text{ м}^2$; через п'ять діб зберігання — на 86,3% пор з площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 13,7% порами з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,1 \text{ м}^2$); крем з *j*-каррагінаном, фруктозою і лактулозою представлений на 93,1% порами з площею до $0,025 \text{ м}^2$ і на 7,4% порами з площею від $0,25 \text{ м}^2$ до $0,01 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання в зразку крему складається на 79,2% пор з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 20,8% пор з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,1 \text{ м}^2$; через п'ять діб

зберігання — на 81,6% пор з площею до 0,005 м² і на 18,4% пор з площею від 0,005 м² до 0,1 м²).

Висновки

Отже, визначено, що збільшення концентрації лактулози від 3 до 10 г на 100 г продукту негативно впливає на збитість кремів із збитих вершків і суттєво змінює рисунок дисперсної фази кремів, тому оптимальним є введення 3 г на 100 г продукту. Проте навіть невисока кількість введеної лактулози забезпечує покриття добової потреби лактулози на 30% від щоденної норми споживання. Це доводить можливість розроблення кремів функціонального спрямування.

Література

1. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: A global perspective. Washington: WCRF/AICR (World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research), 2007. 579 p.
2. Камбулова Ю. В., Звягінцева-Семенець Ю. П., Пасічний В. М., Кобилінська О. В., Яценко В. М. Реологічні властивості вершкових кремів зниженої жирності з полісахаридами і різновидами цукрів. *Продовольча індустрія АПК*. 2016. № 6. С. 24—28.
3. Schumann C. Medical, nutritional and technological properties of lactulose. *An update. Eur J Nutr*. 2002. № 41. P. 117—125.
4. Дорохович А. М., Ковалевська, Є. І., Лазоренко Н. П. Визначення структурно-механічних властивостей тіста для мафінів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2012. № 40. С. 156—160.
5. Божок О. С. Удосконалення технології жувальної карамелі спеціального призначення: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів». Нац. ун-т харч. технол. Київ, 2017. 24 с.
6. Крепенко А. Т. Разработка технологии разработки технологии мороженого с лактулозой. *Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института*. 2016. № 9. С. 92—94.
7. Bannikova A., Almrhag O., George P., Katopo L., Chaudhary D., Kasapis S. Analysis on the effectiveness of co-solute on the network integrity of high methoxy pectin. *Food Chemistry*. 2012. № 135(3). P. 1455—1462.
8. Пивоваров П. П., Горальчук А. Б., Пивоваров Є. П., Трощій Т. В., Рябець О. Ю., Гринченко Н. Г. Теоретичні основи харчових технологій: навч. посіб. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2010. 362 с.
9. Кравченко М. Ф., Антоненко А. В. Теоретичні основи харчових технологій: навч. посіб. Київ. нац. торг.-екон. ун-т. Київ, 2011. 516 с.
10. Неміріч А. В., Петруша О. О., Науменко К. А., Вашека О. М. Методи контролю якості продукції у галузі. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: для студ. напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» професійного спрямування «Технології харчування» денної та заочної форм навчання. Нац. унів. харч. техн. Київ, 2014.

УДК 664.6:637.344

PROSPECTS OF USE OF DRY MULTICOMPONENT
CONCENTRATES ON THE BASIS OF MILK WHEY IN THE
TECHNOLOGY OF WHEAT BREAD

O. Kochubei-Lytvynenko, O. Bilyk

National University of Food Technologies

Key words:

*Dry multicomponent
concentrate
Whey powder
Magnesium
Manganese
Recipe
Wheat bread*

Article history:

Received 11.12.2019
Received in revised form
23.12.2019
Accepted 15.01.2020

Corresponding author:

O. Kochubei-Lytvynenko
E-mail:
nniht_nuft@ukr.net

ABSTRACT

The paper is devoted to the development of dry multicomponent concentrates on the basis of dry whey for intended purpose and the study of their functional and technological properties. The potential of such products and the demand in the baking industry have been substantiated. Using a chemometric method, a simulation of an array of experimental data on the main physico-chemical, physico-mechanical and functional-technological parameters of different types of dry whey has been performed. The advantage of dry whey made from raw materials, processed by combining the technology of desalination with electrospray enrichment by minerals, developed in PSRL NUFT has been proved.

The ingredients for the dry multicomponent concentrate were selected and rational doses were established, which correlated with practical recommendations for wheat bread technology. The introduction into the formulation of the enzyme preparation with amilolytic action Novamil 1500 MG, moisture-retaining additives — carboxymethylcellulose, apple pectin, maltodextrin, emulsifier — sunflower phosphatide concentrate and ascorbic acid, as a justification, has been substantiated.

The main indicators of quality of dry multicomponent concentrate made on the basis of dry whey enriched with Magnesium and Manganese in comparative with concentrate on dry demineralized serum (control) have been investigated. There was a low tendency to caking and no evidence of non-enzymatic darkening in the test sample compared to the control.

On the basis of the results of laboratory baking of wheat bread with the use of the developed concentrate, the positive influence of the latter on the course of biochemical processes in the dough has been proved. It has been found that the introduction of dry multicomponent concentrate based on dry whey enriched with Mg and Mn in the amount of 2% by weight of flour to the dough formulation for wheat bread helps to improve the elasticity of the dough and increase the specific volume of bread by 8.8% relative to the control without adding concentrate.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-20

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СУХИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ КОНЦЕНТРАТІВ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО

О. В. Кочубей-Литвиненко, О. А. Білик

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена розробленню сухих багатокомпонентних концентратів на основі сухої молочної сироватки цільового призначення та дослідженню їх функціонально-технологічних властивостей. Обґрунтовано потенціал таких продуктів і затребуваність у хлібопекарській промисловості. Хемометричним методом проведено моделювання масиву експериментальних даних щодо основних фізико-хімічних, фізико-механічних і функціонально-технологічних показників різних видів сухої молочної сироватки. Доведено перевагу сухої молочної сироватки, виробленої із сировини, обробленої комбінуванням технології знесолення з електроіскровим збагаченням мінеральними речовинами, розробленої в проблемній науково-дослідній лабораторії Національного університету харчових технологій.

Здійснено вибір інгредієнтів для сухого багатокомпонентного концентрату та встановлено раціональні дози, що корелюють із практичними рекомендаціями для технології хліба пшеничного. Обґрунтовано введення до складу рецептури ферментного препарату амілолітичної дії Новаміл 1500 MG, вологотримувальних добавок — карбоксиметилцелюлози, яблучного пектину, мальтодекстрину, емульгатора — соняшникового фосфатидного концентрату та аскорбінової кислоти як окиснювача.

Досліджено основні показники якості сухого багатокомпонентного концентрату, виробленого на основі сухої молочної сироватки, збагаченої Магнієм та Манганом в порівняльному аспекті з концентратом на сухій демінералізованій сироватці (контроль). Встановлено низьку схильність до злежування та відсутність ознак неферментативного потемніння в дослідному зразку порівняно з контролем.

На підставі результатів лабораторного випікання хліба пшеничного із застосуванням розробленого концентрату доведено позитивний вплив останнього на перебіг біохімічних процесів у тісті. Встановлено, що внесення до рецептури тіста для хліба пшеничного сухого багатокомпонентного концентрату на основі сухої молочної сироватки, збагаченої Mg і Mn, в кількості 2% до маси борошна сприяє покращенню еластичності тіста та збільшенню питомого об'єму хліба на 8,8% відносно контролю без додавання концентрату.

Ключові слова: *сухий багатокомпонентний концентрат, суха молочна сироватка, магній, манган, рецептура, хліб пшеничний.*

Постановка проблеми. Молочна сироватка та продукти її перероблення не тільки збагачують хлібобулочні вироби цінними мікронутрієнтами, але й є ефективними натуральними поліпшувачами якості готових виробів, тому інтерес науковців до цієї нетрадиційної для хлібобулочних виробів сировини не згасає [1—3].

Теоретичні й практичні аспекти використання молочної сироватки та продуктів її перероблення під час виробництва хлібобулочних виробів викладені у працях І. М. Ройтера, В. І. Дробот, Н. О. Чумаченко, В. Ф. Доценко, С. А. Рябцевої, Т. Б. Циганової, А. Г. Храмцова, І. А. Євдокимова та ін.

З додаванням молочної сироватки підвищується харчова цінність хліба. Так, у разі внесення в борошно 20% сироватки вміст цукрів у хлібі збільшується на 20%, амінокислот (особливо незамінних: лізину, валіну, треоніну, метіоніну, лейцину) — на 18%. У ньому міститься значно більше біологічно цінних макро- і мікроелементів, %: кальцію — на 25...30, калію — на 33...41, міді — на 20...37, кобальту — на 12...21, молібдену — на 4...12, олова — на 4...17, ванадію — на 19...22 [4].

Окрім цього, за рахунок молочної сироватки поліпшуються колір і аромат виробів, збільшуються їхня пористість і питомий об'єм, вони повільніше черствіють. Уповільненню черствіння хліба сприяють такі компоненти молочної сироватки, як органічні кислоти, білок, лактоза. Крім того, молочна сироватка завдяки наявності в ній кислот запобігає розвитку картопляної хвороби хлібобулочних виробів за рахунок підвищення кислотності тіста та хліба [2; 3].

Проте додавання лише натуральної сироватки не здатне комплексно вирішити проблему поліпшення якості хліба та збереження ним його свіжості [5]. До того ж натуральній сироватці бракує технологічної лабільності, вона перестала відповідати вимогам сучасних прискорених технологій виготовлення хліба внаслідок незначного терміну придатності, необхідності додаткових виробничих площ і обладнання для її зберігання та дозування. На хлібозаводах великої потужності натуральна сироватка повністю замінена на суху підсирну сироватку, здебільшого демінералізовану.

Суха молочна сироватка (СМС) загалом справляє позитивний вплив на якість хліба в загальноприйнятих дозуваннях (до 5%), однак не здатна самостійно вирішити всі технологічні завдання та забезпечити хлібобулочні вироби всіма необхідними мікронутрієнтами. Зокрема, за її використання мінеральними речовинами вироби збагачуються несуттєво. Особливо це стосується знесоленої сироватки, обсяги виробництва та використання якої на підприємствах України та світу зростають [6; 7].

Виробники хлібобулочних виробів вирішують важливе для хлібопекарської промисловості завдання — виробництва конкурентоспроможної хлібобулочної продукції із стабільними споживчими властивостями, використовуючи різні харчові добавки, інгредієнти, хлібопекарські поліпшувачі та полікомпонентні суміші [8; 9].

Враховуючи попит на такі напівпродукти у хлібопекарській промисловості перспективним є виробництво на молочних підприємствах сухих багатокомпонентних молокозмісних концентратів з властивостями поліпшувачів хліба, до складу яких, окрім молочної основи, слід вводити нетрадиційну сировину, мінеральні солі, харчові добавки (відновної, окисної дії, структуроутворювачі, поверхнево-активні речовини, ферментні препарати) тощо.

Зазначені концентровані суміші характеризуються тривалим терміном зберігання, транспортабельні і містять усі поживні та біологічно цінні речовини, необхідні для збагачення хлібобулочних виробів.

Асортиментний ряд концентрованих продуктів на основі молочної сироватки для хлібобулочних виробів є обмеженим [7]. Враховуючи потенціал таких про-

дуктів і затребуваність у хлібопекарській промисловості, актуальним є розроблення та впровадження нових продуктів на основі сухої молочної сироватки з властивостями комплексного поліпшувача якості хліба.

Мета дослідження: розробити рецептуру сухого багатокомпонентного концентрату на основі молочної сироватки (СБКМС) для хлібопекарської промисловості, дослідити її функціонально-технологічні властивості та вплив на якість хліба пшеничного.

Матеріали і методи. Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи держбюджетного фінансування «Наукові засади розроблення ресурсоощадних технологій білоквмісних поліфункціональних концентратів для харчових продуктів цільового призначення» (№ держреєстрації 0117U001243).

Об'єкти досліджень: суха молочна сироватка вітчизняного виробництва, вироблена із залученням різних способів оброблення сировини перед сушінням (електродіаліз, нанофільтрація, комбінування нанофільтрації з електроіскровим збагаченням мінеральними елементами та вироблених за традиційною технологією без демінералізації сировини); СБКМС; хліб пшеничний із борошна вищого сорту.

Під час дослідження використовувались стандартні та спеціальні методи оцінювання органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних властивостей сировини та готових продуктів.

Результати і обговорення. Під час вибору сухої молочної основи для розроблення рецептури СБКМС було відібрано 15 зразків сухої підсирної сироватки, вироблених на вітчизняних підприємствах молочної промисловості (АТ «Пирятинський сирзавод», ПАТ «Золотоніський маслоробний комбінат», ВАТ «Тульчинський маслосирзавод», ПАТ «Дубно-молоко» та ін.) з використанням електродіалізу, нанофільтрації, комбінування нанофільтрації з електроіскровим обробленням молочної сироватки та без використання технологій знесолення.

Для дослідних зразків визначено основні фізико-хімічні, фізико-механічні та функціонально-технологічні показники.

Оскільки, результатом досліджень був масив числових даних, які необхідно зберігати, порівнювати з відомими аналогами, піддавати обробленню, використовувалися методи статистики, інформатики й теорії аналізу даних, виникла потреба у використанні сучасних комп'ютерно-орієнтованих методів. Для розв'язання цього завдання було обрано метод головних компонент (МГК), який широко застосовується під час оброблення великих масивів експериментальних даних [12; 13].

Моделювання проводили у програмному середовищі продукту OriginPro 9.1. Перед проведенням моделювання масив даних був підданий автомасштабному перетворенню для усунення масштабного чинника.

Аналіз результатів оброблення даних дав змогу встановити, що перші дві головні компоненти (ГК) сумарно описують близько 72% відмінностей між зразками (ГК1 — 50,2%, ГК2 — 22,2%).

Згідно з графіком розрахунків першої та другої компонент (рис. 1) відмічено, що зразки СМС розділено на три окремі групи. До першої були віднесені зразки, вироблені з використанням мембранних методів і електродіалізу (СМС 1—5, 7—11, 14—15), до другої — суха підсирна сироватка без знесолення (СМС 12, 13), до третьої — СМС, вироблена із знесоленої нанофільтрацією сировини з подальшим її електроіскровим збагаченням Магнієм і Манганом (СМС 6).

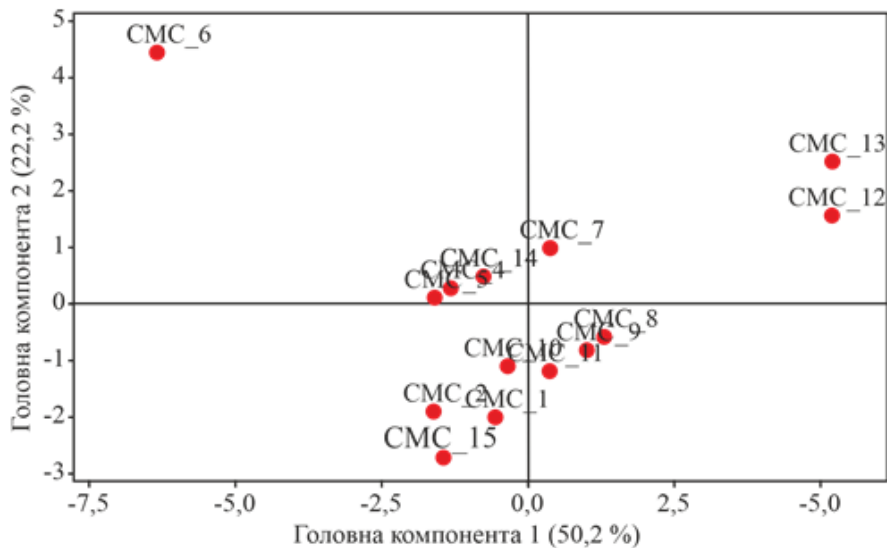


Рис. 1. Графіки розрахунків для зразків СМС, виробленої з використанням різних видів оброблення сировини

Навантаження перших двох компонент наведено у табл. 1, з якої видно, що на $ГК_1$ найбільше впливає показник активності води, масова частка вологи, титрована кислотність, індекс розчинності, ступінь злежування та білість. На $ГК_2$ — температура склування, різниця між температурою склування та зберігання, індекс чутливості до налипання і злежування, вміст мангану.

Таблиця 1. Навантаження перших двох головних компонент (ГК)

Показник	ГК1 (50,3%)	ГК2 (22,2%)
Ступінь демінералізації, %	-0,227	-0,114
Масова частка вологи, %	0,284	0,187
Масова частка лактози, %	-0,223	-0,199
Кислотність відновленого продукту, °Т	0,299	0,164
Показник активності води, A_w , ум. од.	0,309	-0,070
Індекс розчинності, $см^3$ сирого осаду	0,306	0,150
Об'ємна насипна густина, $г/см^3$	0,215	0,057
Насипна густина з ущільненням, $г/см^3$	0,226	0,097
Ступінь злежування, %	0,304	-0,047
Температура склування, °С	-0,049	0,489
Різниця температур зберігання і склування	0,049	-0,489
Індекс чутливості до налипання і злежування	0,145	-0,446
Білість, відн. од.	-0,329	-0,059
Вміст Mg, г/кг	-0,244	0,247
Вміст Mn, мг/кг	-0,226	0,305

Зіставлення графіків розрахунків і значень навантажень вказувало на відокремлення нового виду СМС, збагаченої Магнієм і Манганом унаслідок електрокрового оброблення сировини, в окрему групу, найбільший вплив мала темпе-

ратура силування. Вона, до того ж, позитивно характеризувала його за стійкістю до зберігання, зокрема за відсутністю ознак злежування та неферментативного потемніння.

Оцінювання показників якості дослідних зразків сухої молочної сироватки, виробленої з використанням різних методів оброблення сировини, засвідчило перевагу сухої сироватки, виробленої комбінуванням технології знесолення з електроіскровим збагаченням мінеральними речовинами.

Подальші дослідження стосувалися підбору харчових добавок та інгредієнтів для СБКМС. Аналізуючи літературні дані та практичний досвід, слід зазначити, що для подовження свіжості хлібобулочних виробів і поліпшення їх якості у разі переробки борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями використовують вологоутримувальні добавки, ферменти амілолітичної дії, поверхнево-активні речовини та окиснювачі [14].

Найбільш розповсюдженою вологоутримувальною добавкою для хлібобулочних виробів є карбоксиметилцелюлоза, яка покращує структурно-механічні властивості тіста, а також володіє властивостями добавки, що запобігає злежуванню та грудкуванню сипких продуктів. Рекомендованим дозуванням є від 0,1...0,4% до маси борошна [15]. Встановлено раціональну дозу в кількості 0,2% до маси борошна.

Ефективною вологоутримувальною добавкою у технології хлібобулочних виробів є гідроколоїд — яблучний пектин, з високим ступенем заміщення метоксильними групами. Рекомендоване дозування — від 0,01...0,04% до маси борошна [16]. Дослідним шляхом визначено раціональне дозування у складі СБКМС у кількості 0,02% до маси борошна.

Доцільним є також додавання як вологоутримувальної добавки мальтодекстрину, який сприятиме підвищенню ступеня утримання вологи. [17]. Згідно з літературними даними та практичними рекомендаціями дозування мальтодекстрину становить від 0,01 до 0,05% до маси борошна. Для виробництва СБКМС встановлено раціональне дозування 0,04%.

Найбільш розповсюдженим способом покращання якості хлібобулочних виробів і подовження їх свіжості є використання ферментів амілолітичної дії. Як мальтогенна α -амілаза застосовується ферментний препарат Новаміл 1500 МГ датської фірми Novozymes. Рекомендованим дозуванням є від 0,005 до 0,02% до маси борошна [15]. На підставі опрацювання літературних джерел рекомендуємо його раціональне дозування у кількості 0,01% до маси борошна.

Для подовження свіжості хлібобулочних виробів використовують емульгатори, які вступають у взаємодію з біополімерами борошна, утворюючи складні комплексні сполуки, що поліпшують структурно-механічні властивості тіста та якість хлібобулочних виробів [18]. Виробниками хліба рекомендується використовувати соняшниковий фостфатидний концентрат у кількості 0,12% до маси борошна.

Аскорбінова кислота як один з натуральних окиснювачів у технології хлібобулочних виробів є незамінним інгредієнтом комплексних хлібопекарських поліпшувачів [19]. На підставі літературних джерел рекомендовано вводити її у кількості 0,01% до маси борошна, що й враховано під час розроблення СБКМС.

Враховуючи підібрані інгредієнти до складу сухого багатокомпонентного молокового концентрату для хлібобулочних виробів і рекомендовані дози їх введення, розроблено рецептуру (табл. 2).

Таблиця 2. Рецептатура сухого багатокомпонентного концентрату на основі сухої молочної сироватки для хлібобулочних виробів

Сировина	Норма витрат на 1000 кг СБМССМС «СМС_плюс»
Суша молочна сироватка, збагачена	833
Ферментний препарат Новаміл 1500 МГ	4,12
Карбоксиметилцелюлоза	83,3
Яблучний пектин	8,3
Мальтодекстрин	16,8
Соняшниковий фосфатидний концентрат	50
Аскорбінова кислота	4,12
Разом	1000

За розробленою рецептурою готували способом сухого змішування дві групи зразків:

- перша («СМС_плюс») — на основі сухої молочної сироватки, знесоленої нанофільтрацією (контроль);
- друга («СМС_{Mg, Mn}_плюс») — на основі сухої молочної сироватки, збагаченої магнієм і манганом.

Приготовлені зразки герметично запаковували і зберігали за стандартних для сухих сипких харчових продуктів умов: температура (18±2°C), відносна вологість не більше ніж 75%.

У свіжовиготовлених продуктах і під час зберігання досліджували органолептичні, фізико-хімічні та функціонально-технологічні показники (табл. 3).

Таблиця 3. Показники якості сухих багатокомпонентних молоковомісних сумішей на основі сухої молочної сироватки

Показники	Характеристика і норма	
	«СМС_плюс»	«СМС _{Mg, Mn} _плюс»
Зовнішній вигляд	Однорідна, порошкоподібна, сипка суміш	
Колір	Білий з кремовим відтінком	
Запах	Властивий молоку, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий	
Мінеральні та сторонні домішки	Не допускаються	
Масова частка вологи, %, не більше	15,0	
Крупність помелу: масова частка залишку на ситі з шовкової тканини № 35, не більше %	14	
Металомагнітна домішка, мг/кг, не більше	Не допускається	
Індекс розчинності, см ³	0,3	0,1
Ступінь злежування, %	16,1	3,6
Білість, ум. од.	86,2	91,7

Результати досліджень засвідчили, що у разі виробництва сухого багатокомпонентного молоковомісного концентрату на основі сухої молочної сироватки, збагаченої магнієм і манганом, відсутній негативний вплив електро-

фізичного оброблення сировини на органолептичні та фізико-хімічні показники СБКМС. Навпаки, поряд зі збільшенням вмісту Mg та Mn спостерігалось покращання розчинності, низька схильність до утворення грудочок (ступінь злежування не перевищував 3,0%) та найкраща білизна, яка залишалася навіть під час зберігання протягом 8 місяців.

Для підтвердження позитивного впливу на крупність досліджували дисперсний аналіз частинок сухого багатокомпонентного концентрату СМС_плюс і СМС_{Mg, Mn_плюс}, проведеного за допомогою аналізатора Malvern Microsizer (Велика Британія). Встановлено, що середній розмір частинок у досліджуваних продуктах різнився не значно і становив 74,3 і 73,1 мкм відповідно для СМС_плюс і СМС_{Mg, Mn_плюс}.

Подальші дослідження стосувалися можливості використання розроблених СБКМС у технології хлібобулочних виробів. З цією метою проводили пробні лабораторні випікання. Тісто готували безопарним способом за рецептурою хліба пшеничного (цей хліб служив контролем), СБКМС дозували в кількості 2,0% до маси борошна. Оцінювання якості тіста та хліба проводили за фізико-хімічними, органолептичними показниками та комплексним показником якості. Результати представлено в табл. 4.

Таблиця 4. Вплив розробленого сухого багатокомпонентного молоковмісного концентрату на якість тіста та хліба

Показники якості хліба	Хліб		
	контроль (без добавок)	СМС_плюс	СМС _{Mg, Mn_плюс}
<i>Тісто</i>			
Масова частка вологи, %	44,0		
Титрована кислотність, град:			
- початкова	1,4	1,6	1,6
- кінцева	1,8	2,2	2,2
Тривалість бродіння, хв	60		
Тривалість вистоювання, хв	80		
Питомий об'єм тіста, см ³	118	121	124
Розпливання кульки тіста, мм	94	104	102
Газоутворення за період бродіння та вистоювання, см ³ /100г	282	303	314
<i>Готові вироби</i>			
Питомий об'єм, см ³ /100 г	287	308	328
Пористість, %	72	76	82
Кислотність, град	1,4	2,1	2,0
Формостійкість Н/Д	0,38	0,40	0,44
Кришкватість м'якушки, %			
- через 4 год	3,8	3,9	3,8
- через 72 год	10,2	8,1	6,4
Комплексний показник якості	87,3	91,1	96,4

Встановлено, що у разі використання СМС_{Mg, Mn_плюс}, підвищувалася кислотність тіста порівняно з контролем. Це спостерігалось протягом усього часу бродіння. Виявлено, що використання всіх досліджуваних зразків інтенсифікує

бродиння, про що свідчить більше накопичення діоксиду вуглецю як на стадії бродиння, так і під час його вистоювання. Це пов'язано зі збагаченням тіста поживними речовинами для життєдіяльності дріжджів. Активізація дріжджів у тісті з СБКМС зумовлює скорочення тривалості вистоювання. Внесення СБКМС збільшує розпливання кульки тіста, очевидно за рахунок впливу лактози на білково-протеїназний комплекс.

Дослідження якості готових виробів показало, що за рахунок підвищення газоутворення, питомого об'єму тіста і послаблення клейковинного каркасу з внесенням СБКМС збільшується питомий об'єм хліба. Так, у хлібі з СБКМС СМС_плюс та СМС_{Мg, Мn_плюс}, цей показник порівняно з контролем збільшувався, відповідно, на 5,0 та 8,8%. Встановлено, що завдяки внесенню СБКМС покращується формостійкість виробів за рахунок покращання еластичності тіста.

Висновки

Хеометричним методом проведено моделювання масиву експериментальних даних щодо основних фізико-хімічних, фізико-механічних і функціонально-технологічних показників різних видів сухої молочної сироватки.

Доведено перевагу сухої молочної сироватки, виробленої із сировини, обробленої комбінуванням технології знесолення з електроіскровим збагаченням мінеральними речовинами.

На підставі підібраних інгредієнтів та їх раціонального дозування розроблено рецептуру СБКМС і досліджено його фізико-хімічні та функціонально-технологічні показники.

Доведено позитивний вплив внесення до складу рецептури тіста для хліба пшеничного сухого багатокомпонентного концентрату на основі сухої молочної сироватки, виробленої із сировини, обробленої комбінуванням технології знесолення з електроіскровим збагаченням Магнієм і Манганом.

Література

1. Рыженков Д. В. Разработка продуктов функционального назначения на основе молочной сыворотки и зерновых добавок: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.04. Кемерово, 2003. 183 с.
2. Дробот В. І., Писарець О. П. Молочна сироватка покращує якість хліба з суміші пшеничного і кукурудзяного борошна. *Хранение и переработка зерна*. 2014. № 10. С. 43—48.
3. Бортнічук О. В., Гавриш А. В., Неміріч О. В., Доценко В. Ф. Інноваційні підходи в технології хлібобулочних виробів з сухою молочною сироваткою. *Харчова наука і технологія*. 2015. № 2(31). С. 97—102.
4. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. К.: Логос, 2002. 365 с.
5. Українець А., Кочубей-Литвиненко О., Білик О., Захаревич В., Васильченко Т. Дослідження впливу збагаченої сухої сироватки на якість хліба спеціального призначення. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2016. Т. 2, N 11(80). С. 32—41.
6. DeWit J. N. Lecturer'sh and book on whey and whey products. Eindhoven: Huntrskil Howard, 2001. 91 p.
7. Храмов А. Г. Феномен молочной сыворотки. Спб.: Профессия, 2011. 804 с.
8. Білик О. А., Халікова Е. Ф., Грегірчак Н. М., Маринін А. І. Перспективи використання комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість К+» у технології хлібобулочних виробів. *Харчова наука і технологія*. 2015. № 2(31). С. 90—97.
9. Bilyk O., Kochubei-Lytvynenko O., Bondarenko Yu., Khalikova E. Improvers and ingredients for prolonging the freshness of bakery products: monograph. Warsaw: Publisher, 2018. 48 p.

10. Кочубей-Литвиненко О. В. Изучение свойств и хранимоспособности сухой сыворотки, полученной с использованием электроискровой обработки. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые биотехнологии»*. 2016. Vol. 4, № 1. С. 20—28.
11. Кочубей-Литвиненко О. В., Чернюшок О. А. Нові підходи до мікроелементного збагачення сухих концентратів із молочної сироватки. *Наукові праці НУХТ*. Том 23, № 5, частина 1. С. 176—185.
12. Эбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы / Пер. с англ. Кучерявского С. В.; под ред. Родионовой О. Е. Черноголовка: Изд-во ИПХФ РАН, 2005. 160 с
13. Краснянчин Я. Н. Пантелеймонов А. В., Холин Ю. В. Хемометрические методы в контроле подлинности продуктов питания и пищевого сырья. *Методы и объекты химического анализа*. 2010. Т. 5, № 3. С. 118—147.
14. Харчові добавки та цукристі речовини в технології хлібобулочних виробів: монографія / В. І. Дробот, О. А. Білик, Н. І. Савчук, Ю. В. Бондаренко. Київ: Видавництво, 2017. 253 с.
15. Білик О., Бондаренко Ю., Десик М., Соколенко А., Ковбаса В., Бондар В. Дослідження ефективності використання комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість мінеральна+» для уповільнення черствіння булочних виробів. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2018. Т. 4, № 11(94). С. 69—78.
16. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. Edited by A. Imesin. 2010. Wiley-Blackweel: Oxford. 368 p.
17. Starch: chemistry and technology. 3th edstion. Edited by J. BeMiller, R. Whistler. 2009. Academicpress: Burlington. 894 p.
18. Функциональные продукты питания / под ред. В. И. Теплова. Москва: А-Приор, 2008. 240 с.
19. Бобышев К. А., Матвеева И. В., Юдина Т. А. Влияние аскорбиновой кислоты на свойства теста и качество хлеба. *Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки*. 2013. № 1. С. 52—55.

ADVANTAGES AND PROBLEMS IN STUDYING OF
MASSIVE FLOUR GOODS BAKING: LITERATURE REVIEW.
PART 2: HEAT AND MASS TRANSFER IN OVEN'S
BAKING CHAMBER

S. Dudko

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

V. Fedorov

Uman National University of Horticulture

Key words:

*Baking process,
Mathematical model,
Massiveness of bodies,
Heating regime,
Combined heat and mass
exchange*

Article history:

Received 03.12.2019
Received in revised form
18.12.2019
Accepted 12.01.2020

Corresponding author:

S. Dudko

E-mail:

dudko_ipdo@ukr.net

ABSTRACT

Baking is one of the most complex processes in the technologies of bakery and confectionery products, that's why there is a wide variety of approaches to its study. In this paper an attempt was made to systematization of carried thermal energy researches of the baking process in order to determine the suitability of the results for creating thermal model of the baking oven. Analysis of the models of combined heat exchange in the baking chamber in the literature showed that the main amount of researches are devoted to the study of separated sides of the baking integrated process. But a large number of studies was published and the appropriate mathematical models allow to formalise not only the separate elementary processes, but also the process of baking as a whole. During baking the conductive-radiation convection regime is the most acceptable, in which more heat should flow from the bottom, first of all, during the first period. At the same time, the correlation between the components of the heat flow can vary widely without a noticeable negative impact on the products' quality. The analysis described the significant difference between the received data by various authors regarding optimum numerical values and the kinetics of heat exchange between the products and the baking chamber medium. The heat flow kinetics data interpretation and its harmonization with baking temperature regime is not always convincing enough. Thus, the literature review shows that a general model of baking process is currently not created. This indicates the feasibility of continuation both experimental research of thermo physical processes and theoretical and methodological processing of the obtained data for development of more adequate models.

ДОСЯГНЕННЯ І ПРОБЛЕМИ У ВИВЧЕННІ ПРОЦЕСУ ВИПІКАННЯ МАСИВНИХ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ: ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.

ЧАСТИНА 2: ТЕПЛО І МАСОПЕРЕНОС У ПЕКАРНІЙ КАМЕРІ ПЕЧІ

С. Д. Дудко

*Інститут післядипломної освіти Національного університету
харчових технологій*

В. Г. Федоров

Уманський національний університет садівництва

Випікання є одним із найбільш складних процесів у технологіях хлібопекарських і борошняних кондитерських виробів, наслідком чого є широке розмаїття підходів до його вивчення. У статті зроблена спроба систематизації проведених теплоенергетичних досліджень процесу випікання з метою визначення придатності їх результатів для побудови теплової моделі хлібопекарської печі. Аналіз представлених у літературі моделей поєданого теплообміну в пекарній камері печі показав, що попри те, що основна кількість праць присвячена вивченню окремих сторін цього комплексного процесу, наявність великої кількості проведених досліджень і відповідних математичних моделей дає змогу скласти уявлення і формалізувати не лише окремі елементарні процеси, що були предметом вивчення, але й процес випікання в цілому. При випіканні подових хлібобулочних виробів наразі найбільш прийнятним вважається кондуктивно-радіаційно-конвективний режим, при якому більше теплоти має надходити з боку поду, насамперед протягом першого періоду. Водночас, співвідношення між складовими теплового потоку можуть коливатися у широких межах без помітного негативного впливу на якість виробів. Проведений аналіз висвітлив значне розходження даних, отриманих різними авторами щодо оптимальних чисельних значень і кінетики теплообміну між виробами та середовищем пекарної камери. Також не завжди достатньо переконливою є інтерпретація даних кінетики теплових потоків та узгодження їх з температурними режимами випікання.

Проведений огляд літератури засвідчує, що узагальненої моделі процесу випікання хлібобулочних і масивних борошняних кондитерських виробів наразі ще не створено. Це вказує на доцільність продовження як експериментальних досліджень теплофізичних процесів, так і ретельного теоретико-методичного опрацювання отриманих даних для розроблення більш адекватних моделей.

Ключові слова: процес випікання, математична модель, масивність тіл, тепловий режим, поєднана задача тепломасообміну.

Постановка проблеми. У першій частині статті [1] обґрунтований поділ усього асортименту борошняних виробів, що виготовляються шляхом випікання, на дві групи — тонких і масивних тіл за критерієм Біо, а моделі процесу випікання виробів систематизовані залежно від положення границь досліджуваної

системи. Згідно з цим підходом розглядаються три рівні: перший — моделі процесів, що відбуваються всередині тістової заготовки, що випікається (ТЗВ). На другому рівні ТЗВ розглядається як елемент пекарної камери — системи, в якій відбувається теплообмін. На третьому рівні мають бути розміщені найбільш комплексні моделі, що описують теплообмін між пекарною камерою з наявними в ній ТЗВ і нагрівною системою печі. Аналіз моделей першого рівня виконаний у першій частині статті. Моделі, що описують поєднаний тепломасообмін, є предметом розгляду другої частини.

Метою статті є вивчення можливості використання наявних літературних даних щодо кінетики тепломасообміну та значень характеристик середовища у пекарній камері для побудови на їх основі досконалих математичних моделей процесу випікання масивних борошняних виробів.

Викладення основних результатів дослідження. 2. Моделі II рівня. В ідеалі ці моделі мали б надавати повний опис поєднаного тепломасообміну — внутрішніх процесів у ТЗВ разом із взаємодією з середовищем пекарної камери печі. Однак складність цього завдання спонукає більшість дослідників обмежуватися вивченням лише окремих сторін комплексного процесу поєднаного тепломасообміну.

2.1. Температурний режим випікання. Під режимом випікання розуміють обстановку довкола ТЗВ, яка змінюється в організованому порядку протягом часу випікання τ_v , с. Для можливості узагальнення досліджуваних феноменів часто користуються відносною тривалістю $\theta = \tau/\tau_v$. Крім часових, важливими для процесу є кінетичні й термодинамічні характеристики середовища, а також форма, терморадіаційні властивості, розташування поверхонь — ТЗВ, стінок пекарної камери тощо.

Запропонований Лісовенком (1976) [2] раціональний режим випікання подового хліба масою 1,0 кг з пшеничного борошна передбачає процес у три стадії: проведення гіротермічної обробки (ГТО) в середовищі з вмістом водяної пари 80% і вище протягом 3 хв при температурі 120°C, далі — інтенсивна теплова обробка, що передбачає швидкий підйом температури пекарної камери до 190°C, яка підтримується впродовж більшої частини процесу. На третій стадії, починаючи з $\theta = 0,85$ — $0,90$, температура середовища має бути поступово знижена на 15—20°C задля зменшення втрат. Температура контактної поверхні (металевого поду) протягом всього процесу випікання підтримується постійною на рівні 200°C.

Вироби із житнього чи із суміші житнього і пшеничного борошна потребують інакших умов. Для подових житніх і змішаних виробів так само, як для пшеничних, розглядають модель випікання у три стадії: зволоження паром, так зване «обжарювання» при високій температурі і подальше випікання при більш низькій температурі. Раціональний режим, запропонований Лісовенком для хліба українського, передбачає гіротермічну обробку до 2 хв при 120°C і відносній вологості 80%, далі обжарювання при 220°C і майже відразу за цим — плавне лінійне зниження температури до 170°C в кінці процесу випікання. Аношина і Ковальова (2009) [3] пропонують для житньо-пшеничного хліба гіротермічну обробку при температурі 110—120°C і відносній вологості 70—72%

протягом 2 хв, обжарювання при температурі 240—250°C протягом 3 хв і допiкання при температурі 180—150°C. В сучасній практиці іноді температуру обжарювання піднімають до 270°C і вище.

Режим випікання формового хліба має певні відмінності. Therdtthai з колегами (2002) [4] досліджували режими випікання в закритих формах білого хліба у 4-зонній тупиковій печі. Мета дослідження полягала в тому, щоб оптимізувати процес, зменшивши упікання і мінімізувавши його тривалість шляхом підбору температур по зонах. Отриманий ними оптимум усередненої температури скоринки всередині форм становив 115, 130, 156 і 176°C для 1, 2, 3, 4 зон відповідно, тривалість випікання — 27,4 хв. Величина упікання при цьому становила близько 8%.

Важливість контролю упікання є загально визнаною, оскільки з його величиною пов'язана як витрата сировини та енергоресурсів, так і якісні показники готової продукції. Ovadia, Walker (1998) [5] зазначають, що зниження втрат вологи внаслідок упікання додатково призводить до більшої м'якості м'якуша хлібобулочних виробів і подовження строку зберігання виробів. Потреба у зниженні температури в кінці процесу задля зменшення упікання є актуальною і для масивних кондитерських виробів. При вироблянні формових борошняних виробів (бісквіт, кекс тощо) доцільно знижувати температуру середовища в останню чверть часу (Дорохович з колегами, 2012) [6]. Суттєвий вплив на величину упікання переважної більшості подових хлібобулочних виробів чинить середовище зони ГТО, яке також впливає і на якість кінцевого продукту.

Основні закономірності процесу гіротермічного оброблення ТЗВ були досліджені до середини 80-х років ХХ ст. і висвітлені у багатьох працях. За їх результатом сформувалися уявлення про оптимальні умови для процесу ГТО. Критеріями оптимізації в різних дослідженнях були: тривалість конденсації і маса конденсату, величина упікання, об'єм готових виробів, стан їх поверхні тощо. Якщо для більшості хлібних виробів з пшеничного борошна оптимальною вважаються температура 110—120°C і відносна вологість 70—80%, для булочних виробів оптимальна температура ГТО для отримання максимального блиску поверхні становить близько 140°C при тривалості процесу 70 с (Теличкун з колегами, 1989) [7]. Тривалість процесу ГТО визначається насамперед тривалістю конденсації пари, що, як правило, не перевищує трьох хвилин. Кількість конденсату на поверхні виробів за час ГТО за даними різних авторів суттєво різняться. Міхелев, Іцкович, (1968) [8] вказують максимальне значення 230 г/м², а для отримання глянцевої скоринки, за їхніми даними, достатньо 140—160 г/м². Володарський з колегами (1976) [9] наводять значення 400 г/м², Лісовенко (1976) [1] — 20—28 г/м². Германчуком з колегами (2012) [10] отримана залежність приросту маси конденсату з часом при температурі 140°C і вологості 80%. Її інтегрування у межах від 0 до 240 с дає результат порядку 113 г конденсату на 1 м² (в статті помилково вказано 0,013 кг/м²). Для подовження періоду конденсації, уникнення раннього утворення скоринки, що може призвести до недостатнього об'єму подових виробів та появи кругового підриву бокової поверхні, має бути забезпечене інтенсивне підведення теплоти під час ГТО від поду (Лісовенко, 1976) [2], (І. Маклюков, В. Маклюков, 1983) [11].

У досліджах Германчука з колегами (2014) [12] максимальна інтенсивність теплового потоку 3400 Вт/м^2 була зафіксована на 70-й секунді при температурі середовища 110°C та відносній вологості середовища 82% . При збільшенні відносної вологості до 90% зростає тривалість конденсації вологи і кількість сконденсованої вологи, інтенсифікується прогрівання верхніх і внутрішніх шарів ТЗВ (Германчук з колегами, 2013) [13]. При температурі 125°C , яка є близькою до раціональної за Лісовенком і яку можна вважати підходящою для більшості подових виробів з пшеничного борошна, встановлена залежність зміни температури t , $^\circ\text{C}$ верхньої поверхні ТЗВ від відносної вологості φ , $\%$ середовища зони ГТО: $t-t_0=1,79\varphi^{0,445} \ln\tau-4,97$, де t_0 — початкова температура поверхні ТЗВ, τ — тривалість процесу, с (Германчук з колегами, 2014) [14].

2.2. *Види теплообміну та співвідношення між ними в пекарній камері.* У переважній більшості промислових печей при випіканні масивних виробів реалізується кондуктивно-радіаційно-конвективний режим. Передача теплоти кондукцією відбувається через нижню опорну поверхню ТЗВ від поду печі, зверху через відкриту поверхню теплообмін відбувається в результаті конденсації/випаровування води, випромінюванням від нагрітих стінок пекарної камери і конвекцією від гарячого пароповітряного середовища. Для печей, що мають значну висоту пекарної камери, слід також враховувати і випромінювання від парогазового середовища, яке може складати до $20\text{—}26\%$ від загальної густини теплового потоку випромінюванням (Кулешов, Седелкин, 2011) [15]. Для хлібобулочних виробів бажане співвідношення між кількістю отриманої теплоти через верхню і нижню поверхні ТЗВ за весь період випікання, на думку відповідних авторів, може становити 1:1 (Міхелєв, Іцкович, 1968 [8]), 2:3 (Лісовенко, 1976 [1]), 4:5 (І. Маклюков, В. Маклюков, 1984 [11]), 7:8 (Володарський з колегами, 1986 [16]). Для раціонального режиму випікання масивних кондитерських виробів (кексів, бісквіту, мафінів, пряників) Дорохович з колегами, (2012) [6] пропонують у першій чверті процесу «подачу теплоти зменшити на $25\text{—}30\%$ від загальної теплоти», причому $2/3$ теплоти підводити до ТЗВ знизу і $1/3$ — зверху. При $\theta=0,25\text{...}0,75$ тепловий потік має бути максимальним і симетричним, в останню чверть — зменшеним на 30% .

Krist-Spit, Sluimer (1987) [17] при випіканні хліба при постійній температурі в тунельній печі з непрямым обігрівом отримали такі дані щодо частки випромінювання у теплообміні через верхню поверхню ТЗВ: при 250°C і природній конвекції в пекарній камері — 73% , при 250°C і швидкості середовища $0,6 \text{ м/с}$ — 64% , при 220°C і швидкості $1,5 \text{ м/с}$ — 59% . Досліди, проведені Carvalho, Nogueira (1997) [18], показали, що при швидкості омивання ТЗВ не більше $0,6 \text{ м/с}$ радіаційна компонента складала 57% від сумарної витрати, а при деяких комбінаціях зовнішніх умов — до 91% .

Standing (1974) [19] при випіканні бісквіту в печі з непрямым обігрівом наводить такі дані щодо розподілу за механізмом передачі теплоти: кондукцією — 20% , випромінюванням — 45% , вимушеною конвекцією — 35% . Близько половини теплоти іде на нагрівання продукту, інша половина — на випаровування. Дорохович з колегами (2012) [6] для бісквітів вказують на значення 47% теплоти, що споживається на прогрівання та покриття внутрішніх ендотермічних про-

цесів, решта — втрати з випареною вологою. Для кексів частка спожитої теплоти за їх даними становить 62%, для пряників — 65,7%. За даними Бондаренко з колегами (1977) [20] при випіканні бісквіту в металевих формах через нижню поверхню надходить 36% теплоти, через бічні поверхні — 38,5%, через верхню — 25,5%. За наявності паперової вкладки на дні форми кількість пропущеної теплоти, відповідно, перерозподіляється у співвідношенні 0,303/0,439/0,258.

Fahloul з колегами (1995) [21] досліджували випікання бісквіту в промисловій газовій печі з непрямим обігрівом пекарної камери (шість теплових зон). У результаті розрахунку тепловіддачі при вимушеній конвекції автори отримали дані про конвективну і радіаційну складові сумарного потоку. При постійній температурі в пекарній камері 200°C тепловий потік кондукцією від поду складає 11%, випромінюванням — 49% і конвекцією — 40%. При підвищенні температури в 3, 4 і 5 зонах до 230°C при тій же тривалості випікання (8 хв), відповідно, отримали 11, 55 і 34%, а при 200°C і додатковому триразовому підвищенні відбору пароповітряної суміші після 4 і 5 зон, що пришвидщило рух середовища — 10, 43 і 47%. Обчислення коефіцієнта конвективного теплообміну на верхній поверхні виробів виконували: при ламінарному режимі ($Re < 40$) $Nu = 4,5Re^{0,27}$; при турбулентному ($Re > 40$) $Nu = 0,7Re^{0,61}$, де $Re = vD/\nu$, ν — швидкість середовища; ν — коефіцієнт кінематичної в'язкості; $D = 2bh/(b+h)$ — еквівалентний діаметр, b — ширина пекарної камери, h — її висота. Металеві поверхні печі і бісквіт прийняті сірими поверхнями зі ступенем чорноти 0,9. Коефіцієнт тепловіддачі від поду був прийнятий постійним — 35 Вт м²К⁻¹. Наведені криві теплового потоку мають куполоподібну форму з максимумом порядку 2200 Вт/м² при температурі в камері 200°C і 2850 Вт/м² при 250°C.

Зазначимо, що використана авторами модель з граничними умовами третього роду є занадто спрощеною. Для врахування теплообміну з подом мала б бути застосована принаймні модель четвертого роду (ідеальний контакт тіл). У той же час інтенсивне випаровування відбувається і з контактної поверхні (за даними Andersen (2013) [22] приблизно на 40% менше, ніж з відкритою). При цьому немає значення, чи ТЗВ знаходиться на суцільному поду, на перфорованій металевій стрічці, чи на плетеній дротяній стрічці (там же). Відтак найбільш придатними для математичної моделі були б граничні умови п'ятого чи шостого роду (Федорів, 1998 [23]).

Вайк з колегами (1999) [24] досліджували випікання тістечок у промисловій електричній тунельній печі з чотирма тепловими зонами. Дані щодо теплового потоку отримували шляхом вимірювання температури модельного тіла — тонкого алюмінієвого диску і середовища. Розраховували радіаційну складову за законом Стефана-Больцмана і конвективну складову за формулами для вимушеного руху при $Re > 40$, що наведена в [21], і для вільної конвекції згідно з виразом: $Nu = 0,82(GrPr)^{0,2}Pr^{0,034}$. Оскільки диск є тонким тілом ($Bi < 0,02$) ефективний коефіцієнт теплообміну розраховували за формулою: $h_f = mC_p \Delta T [A(T_a - T_s) \Delta t]$, де m — маса, C_p — масова теплоємність диска, ΔT — зміна температури диска за проміжок часу Δt , A — площа диска, T_a , T_s — відповідно, температури середовища і диска. У діапазоні температур 186—225°C радіаційний потік складав 75—80% від сумарного теплового потоку.

Проведений огляд літератури демонструє переважне значення радіаційної складової в радіаційно-конвективному теплообміні, що є характерним для більшості сучасних печей. Інфрачервоне випромінювання чинить позитивний вплив на ТЗВ, зокрема призводить до зменшення втрати маси і збільшення об'єму виробів (Skjöldebrand з колегами, 1988 [26]). До переваг радіаційного теплообміну Dessev з колегами (2011) [27] відносять миттєвий дистанційний вплив на продукт, високу енергетичну інтенсивність, більшу простоту організації порівняно з конвективним способом, відносну легкість управління тепловим потоком; готова продукція під впливом ІЧ випромінювання має покращені показники: більший питомий об'єм, тоншу скоринку і краще розвинену пористу структуру м'якуша при зменшенні втрат від упікання.

Короткохвильове ІЧ випромінювання, як вважається, дає змогу передати більшу питому потужність, оскільки проникає глибше, ніж довгохвильове. Водночас перевищення інтенсивності короткохвильового ІЧ опромінення понад певне значення може призвести до зменшення питомого об'єму виробів, провокує надмірну втрату маси, збільшує загальну різницю в кольоровому забарвленні скоринки і погіршує зовнішній вид виробу (Dessev з колегами, 2011) [26]. До того ж ступінь відбивання коротших хвиль більший, ніж у довгих, насамперед у випадку білої поверхні (там же). Skjöldebrand з колегами (1988) [25] визначили, що при занадто високому рівні ІЧ випромінювання в короткохвильовому діапазоні можлива поява білих плям на поверхні ТЗВ відповідно до місць, де не відбулася клейстеризація крохмалю, а також нерівномірні шпаруватість і поява великих пор у м'якущі.

Новим кроком у технології хлібопечення можна вважати впровадження на початку XXI ст. STIR-технології (Selected Transformed Infrared Radiation), яка полягає у застосуванні як випромінювача ІЧ хвиль спеціального керамічного покриття, що наноситься на верхню теплообмінну стінку пекарної камери. Експериментальне дослідження STIR-технології було виконано Брязуном з колегами (2009) [27]. Згідно з гіпотезою STIR-технологія створює подвійний ефект: за рахунок вищого ступеня чорноти керамічного покриття активізується радіаційний теплообмін у пекарній камері; енергія селективно трансформованого ІЧ випромінювання у ближньому та середньому діапазоні інтенсивно поглинається молекулами води, що знаходяться в поверхневому шарі ТЗВ. За рахунок цього молекули активізуються, що призводить до збільшення ефективного коефіцієнта теплопровідності тіста-хліба. В досліді скоротилася тривалість випікання (момент переходу тіста у м'якуш настав на 2 хв раніше, порівняно з еталонним зразком), проте скоринка стала вдвічі товщою і більш насиченою забарвленням. Майже однакові результати щодо якісних показників (формуотримувальна здатність, питомий об'єм, товщина і забарвлення верхньої скоринки) досягнуті при скороченні тривалості випікання з 23 до 20 хв. Величина упікання зменшилася на 1,4%, також відбулося зменшення питомої витрати теплоти на випікання до 1% (на 40—45 кДж/кг).

Головною перевагою конвективного теплообміну є отримання рівномірного забарвлення скоринки по всій поверхні виробів. Враховуючи велику різноманітність конструкцій печей і режимів випікання виробів, а також різницю в мето-

дах обчислення коефіцієнта конвективного теплообміну літературні дані щодо його значень варіюють у широкому діапазоні. Ваік з колегами (1999) [24] звертають увагу на критичну залежність значень коефіцієнта теплообміну від коректності фіксації різниці температур між поверхнею ТЗВ і середовищем. Дослідники визначили, що в умовах природної конвекції товщина температурного межового шару над плоскою поверхнею ТЗВ становить близько 50 мм, що слід враховувати при використанні показів датчиків температури. Максимальні значення коефіцієнта конвективного теплообміну становлять: 3,55 Вт м⁻² К⁻¹ (Михелєв, Іцкович, 1968), 5,3 Вт м⁻² К⁻¹ (І. Маклюков, В. Маклюков, 1983), 5,42 Вт м⁻² К⁻¹ (Володарський з колегами, 1986). В англомовних джерелах застосовують моделі Rohsenow з колегами (1998) [28], що для умов випікання хлібобулочних виробів у промисловій печі дає розрахункове значення близько 10 Вт м⁻² К⁻¹ (Zhang, Datta (2006) [29], Šheruga з колегами (2007) [30], Sakin з колегами (2007) [31].

У більшості обчислень використовують приведений коефіцієнт теплообміну, що враховує як конвективну, так і радіаційну складові (Sani з колегами, 2014 [32]). При швидкості повітря в пекарній камері у межах 1,5—2,5 м/с Monteau, (2008) [33] вказує на 14 Вт м⁻² К⁻¹. За умов природної конвекції Sakin з колегами (2007) [31] при випіканні бісквіту і тістечок наводить значення 16—21 Вт м⁻² К⁻¹, Sato з колегами (1987) [34] — значення 21 Вт м⁻² К⁻¹ при швидкості повітря до 2 м/с, Shibukawa з колегами (1989) [35] зазначають 29 Вт м⁻² К⁻¹. Ваік з колегами (1999) [24] отримали значення в межах 20—48 Вт м⁻² К⁻¹, а для розрахунку приведеного коефіцієнта теплообміну h_t у діапазоні температур $t=186—225^{\circ}\text{C}$ при відносній швидкості повітря $v=0,02—0,437$ м/с пропонується формула: $h_t=0,0887t+61,4v$, Вт м⁻² К⁻¹.

Останнім часом набули популярності печі, що в англомовному середовищі відомі під назвою «jet impingement ovens». З урахуванням фізичної сутності їх можна назвати печами ударно-струменевої дії. В них реалізується теплообмін за примусової конвекції (понад 90% переданого тепла): теплоносієм є гаряче повітря або димові гази, що спрямовуються на ТЗВ через круглі або щілинні сопла, розташовані над ними. Ударно-струменеві печі часто використовують при виробленні нарізаного запакованого формового хліба для сандвічів, який випікають у закритих формах. Турбулентне середовище дає змогу отримувати вироби з практично однаковим забарвленням скоринки з усіх боків і скоротити тривалість процесу. Відповідно до даних Paton (2013) [36] ці печі можуть забезпечити збільшення коефіцієнта теплообміну від традиційних 10 Вт м⁻² К⁻¹ до 35 Вт м⁻² К⁻¹, що за рахунок зменшення температури теплоносія може економити до 5% приведеної, з урахуванням різних її видів, енергії.

2.3. Теплові потоки у пекарній камері. Для радіаційно-конвективного режиму, за якого переважно випікають хлібобулочні вироби, температура середовища не є параметром, що повно характеризує інтенсивність теплообміну. Попри наявність сильного позитивного кореляційного зв'язку між температурою поверхні ТЗВ і тепловим потоком (Dessev з колегами, 2011) [26], саме тепловий потік виглядає більш зручним інструментом для інтегральної оцінки умов теплообміну в пекарній камері, а отже, і більш придатним для цілей моделювання тепло-

масообмінних процесів (Шубенко, 1980 [37]), Теличкун з колегами, 1989 [38], (Carvalho i Nogueira, 1997 [18]), (Van Son M., 2001 [39]), (Sakin з колегами, 2009 [31]).

Therdthai i Zhou, (2003) [40] висловлюють думку щодо більшої плідності розгляду теплообміну при граничних умовах другого, а не третього роду. Розподіл теплового потоку уздовж пекарної камери водночас є зручним засобом для виконання діагностики печі (Федоров, 1974) [41]. Крім того, існує міцна кореляція між величиною теплового потоку і величиною упікання, кольором скоринки (Fahloul з колегами (1995) [21]), глянцем поверхні (Теличкун з колегами, 1989 [7]), що дає можливість оцінювати як кількісні, так і якісні показники процесу.

При аналізі процесу випікання розрізняють складові сумарної густини теплового потоку: кондуктивна, конвективна, радіаційна та масообмінна. З іншого боку, при математичному описі прогрівання ТЗВ зручно розглядати тепловий потік як суму потоків, що відповідають елементарним процесам, мають різну природу і рушійні сили. Тому на практиці часто оперують такими визначеннями, як підведений до поверхні ТЗВ тепловий потік (він же сумарний) Σq , відбитий від поверхні q_b , сприйнятий (пропущений) q_{cp} , і поглинутий q_{pr} . Між ними існують такі взаємозв'язки: $\Sigma q = q_b + q_{cp}$; $q_b = (1 - \epsilon)\Sigma q$ (ϵ — ступінь чорноти поверхні), $q_{cp} = q_{pr} + q_{mo} + q_{fx}$, де $q_{pr} \sim c\Delta t$ ($c\Delta t$ — зміна ентальпії тіста-хліба); q_{mo} — масообмінна складова теплового потоку, яка може змінювати знак залежно від напрямку вектора масопереносу; q_{fx} — частка теплового потоку, що витрачається на покриття фізико-хімічних процесів у тісті-хлібі.

Childs з колегами (1999) [42] виділяють чотири методи визначення величини теплового потоку: перепаду температур, калориметричний, балансовий (підведення/відведення енергії) та масообмінної аналогії. Найбільш придатним для вивчення процесу випікання є перший з названих. Він набув розвитку значною мірою завдяки працям О. Геращенко та В. Федорова у галузі теплофізики і метрології, у яких закладено наукові основи і розроблено цілий клас шаруватих мікродатчиків-тепломірів. У діапазоні температур 30—160°C похибка вимірювання теплового потоку датчиком не перевищує 3%, а при вимірюванні окремих складових теплового потоку — 10%.

За результатами досліджень процесу випікання тістечок в електropечі Baik з колегами (1999) [24] побудовані криві теплового потоку для двох режимів випікання двох різних виробів. Для першого режиму (тривалість випікання 8 хв 36 с) тепловий потік має максимум 6300 Вт/м² при $\theta=0,16$, швидке зниження до 2500 Вт/м² при $\theta=0,36$, далі повільне плавне зниження до 1503 Вт/м² у кінці процесу. Для другого режиму (6 хв 27 с) має місце максимум 7550 Вт/м² при тій же відносній тривалості, потім майже лінійне зниження до 1570 Вт/м² при $\theta=0,64$ і плавне підвищення до 1950 Вт/м² в кінці випікання.

Доломакін з колегами (2012) [43] встановлювали тепломіри (шаруваті мікродатчики) на верхню поверхню ТЗВ при дослідженні випікання булочки дніпровської масою 60 г у конвективній печі з рециркуляцією пароповітряного середовища при температурі 200°C і швидкості 5 м/с. Отримані залежності теплового потоку для першого періоду випікання у вигляді $q=2480 t^{0,1}$, Вт/м², для

другого $q=30200 t^{-0,45}$, Вт/м². Пік кривої теплового потоку (3800 Вт/м²) спостерігався при $\theta=0,125$. За час випікання $t=600$ с значення середнього теплового потоку склало 2423 Вт/м².

Лісовенком [1] при обґрунтуванні раціонального режиму випікання подового пшеничного хліба шаруваті мікродатчики теплового потоку встановлювались між подом і нижньою поверхнею ТЗВ та на відкритій поверхні. Для нижньої поверхні, що у момент посадки тістової заготовки мала температуру 200°C, зафіксований найбільший за весь час випікання тепловий потік порядку 10000 Вт/м². Далі за рахунок вирівнювання температурного поля ТЗВ поблизу контактної поверхні крива теплового потоку різко прямує донизу. У діапазоні значень $\theta=0,125—0,175$ датчик фіксує майже постійний тепловий потік порядку 5300...5200 Вт/м². З поступовим перетворенням тіста у скоринку, що супроводжується зменшенням теплопровідності, тепловий потік зменшується до кінця випікання до значення 2000 Вт/м².

Теплообмін на відкритій поверхні ТЗВ є значно складнішим. На початку процесу вільна поверхня ТЗВ є вологою, причому до $\theta=0,15$ на ній відбувається конденсація пари з виділенням теплоти фазового переходу, внаслідок чого стрімко зростає її температура. Приблизно через 1,5 хв після посадки у піч ($\theta=0,047$) фіксується максимум теплового потоку 9600 Вт/м². Далі до моменту $\theta=0,18$ крива густини теплового потоку різко знижується до позначки 3250 Вт/м², після чого іде вгору. При $\theta=0,32$ тепловий потік досягає локального максимуму близько 4950 Вт/м². Далі крива плавно знижується до значення 1200 Вт/м² у кінці процесу. Зауважимо, що значення другого максимуму відповідає діапазону 4600—5200 Вт м⁻² К⁻¹, визначеному Теличкуном з колегами, (1989) [7], як необхідна умова для досягнення найбільшого глянцево-верхньої поверхні. Цей факт є одним із підтверджень обґрунтованості раціонального режиму випікання за Лісовенком.

Перебуванням відповідної поверхні шаруватого датчика у зоні кипіння води, а не конденсації, як помилково вважають Ковальов з колегами (1999) [44], можливо пояснити і зафіксований ними феномен коливання кривих теплового потоку в проміжку часу $\theta=0,2—0,5$ усередині ТЗВ на глибині 0,5; 1,0 і 3,0 мм, що мав місце за таких значень температури відповідного шару: 85—90°C — пік, 105—110°C — западина і близько 120°C — другий пік.

Подібне коливання теплового потоку з боку нижньої поверхні і менш виражене — зі сторони бокових поверхонь спостерігали Бондаренко з колегами (1977) [20] при випіканні бісквіту при радіаційно-конвективному режимі і постійній температурі 165—170°C. Тепловий потік знизу після максимального значення порядку 3000 Вт/м² на початку процесу стрімко падає до 1950 Вт/м² у момент $\theta=0,15$. У проміжку часу $\theta=0,15—0,19$ темп прогрівання нижньої і верхньої граней шаруватого датчика стає однаковим, про що свідчить горизонтальна ділянка кривої, за рахунок витрати теплоти на ендотермічні процеси. Після їх завершення спад кривої продовжується до $\theta=0,42$, коли має місце локальний мінімум 1400 Вт/м². У цей час шар тіста над датчиком прогрівається понад 80°C, у результаті чого інтенсифікується внутрішній масоперенос термовологопровідністю, що спричиняє зростання теплового потоку до 1700 Вт/м² (локальний

максимум). З моменту $\theta=0,54$ утворюється скоринка і тепловий потік надалі знижується. Крива сумарного теплового потоку через верхню поверхню бісквіту плавно знижується протягом випікання від початкового значення близько 2000 Вт/м^2 .

Фіксуючи існуюче різноманіття температурних режимів, чисельних значень і кінетики теплових потоків у різних авторів, заслуговує на увагу думка Pieterl, Newborough (2003), [45] щодо можливості отримання якісного продукту при множинності варіантів кінетики теплового потоку. Для кожного моменту процесу існують допустимі максимальний і мінімальний рівні теплового потоку певного виду (радіаційного, конвективного, кондуктивного, масообмінного); вихід за ці межі не дасть змоги отримати продукцію прийнятної якості.

Висновки

1. Серед розглянутих праць лише невелика частина присвячена вивченню поєднаного тепломасообміну, в той час як у більшості випадків предметом досліджень є умови тільки зовнішнього обміну.

2. Існує певний консенсус щодо бажаного режиму випікання масивних виробів, при якому більше теплоти має надходити з боку нижньої поверхні, насамперед у першому періоді. При цьому співвідношення між тепловими потоками за напрямками «верх/низ», а також між радіаційною, конвективною і кондуктивною складовими можуть коливатися у широких межах, так само, як співвідношення між статтями витрат підведеної теплоти.

3. У літературі наявні дані щодо кінетики теплового потоку при випіканні широкого асортименту виробів. У ряді однотипних випадків дані чисельно відрізняються на 100% і більше. Найбільшої довіри, на нашу думку, заслуговують експериментальні результати із застосуванням мініатюрних шаруватих датчиків, встановлених безпосередньо на поверхні ТЗВ. З певними застереженнями ці дані можуть бути покладені в основу розрахункових моделей процесу випікання.

4. Аналіз інтерпретацій авторами особливих точок на графіках густини теплового потоку вказує на недостатню опрацьованість питання щодо сутності теплофізичних процесів у тісті-хлібі та метрологічних особливостей вимірювальних засобів. Це питання має стати предметом подальшого поглибленого дослідження.

Література

1. Дудко С. Д. Досягнення і проблеми у вивченні процесу випікання масивних борошнених виробів: огляд літератури. Частина 1: внутрішній тепломасообмін у тісті-хлібі. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. Т. 25, № 3. С. 174—186.

2. Лисовенко А. Т. Процесс выпечки и тепловые режимы в современных хлебопекарных печах. М.: Пищевая пром-сть, 1976. 214 с.

3. Аношина О., Ковалева И. Влияние продолжительности выпечки на качество ржаноспещеничного хлеба. *Хлебопродукты*. 2009. № 5. С. 52—53.

4. Therdtthai N., Zhou W., Adamczak T. Optimisation of the temperature profile in bread baking. *J. food engineering*. 2002. Vol. 55. Issue 1. P. 41—48.

5. Ovadia D. Z., Walker C. E. Impingement in Food Processing. *Food Technology*. 1998. 52(4). P. 46—50.

6. Дорохович А. Н., Дорохович В. В., Теличкун В. И., Ташева С., Вълчев Г. Обоснование режима выпечки мучных кондитерских изделий. *Хранителна наука, техника и технологии 2012: научни трудове на УХТ*. 2012. Т. 59. С. 785—790.
7. Теличкун В. И., Емельяненко Л. С., Дудко С. Д., Бережницкая Ю. С. Влияние параметров среды рабочей камеры на глянец хлебной корки. *Хлебопродукты*. 1989. № 12. С. 24—26.
8. Михелев А. А., Ицкович Н. М. Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производства: учебник для техн. спец. вузов пищевой пром-сти. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Пищевая пром-сть. 1968. 487 с.
9. Володарский А. В., Михелев А. А., Сигал М. Н. Современные тоннельные печи в хлебопекарной промышленности. М.: Пищевая пром-сть. 1976. 135 с.
10. Германчук А., Теличкун В., Теличкун Ю., Десик М. Исследование тепломасообменных процессов в камере гиротермической обработки тестовых заготовок. *Научни трудове на русенския университет*. 2012. Том 51, серия 9.2. С. 44—48.
11. Маклюков И. И., Маклюков В. И. Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства. М.: Легкая и пищевая пром-сть. 1983. 271 с.
12. Германчук А. И., Теличкун Ю. С., Теличкун В. И. Вплив параметрів середовища на теплоперенесення при випіканні пшеничного хліба. Тези міжнарод. наук. конф. «Нові ідеї в харчовій науці — нові продукти харчової промисловості» 13—17 жовтня 2014 р. Київ, НУХТ. 2014. С. 400.
13. Германчук А., Десик Н., Хоменко О., Левицкий В., Теличкун В., Теличкун Ю. Влияние относительной влажности на процесс гиротермической обработки тестовых заготовок. *Научни трудове на русенски университет «Ангел Кънчев»*. Разград. 2013. Т. 52. С. 143—147.
14. Германчук А., Хоменко О., Левицкий В., Теличкун В. Вплив відносної вологості середовища пекарної камери на перебіг процесу гиротермічної обробки тістових заготовок. В кн. Наукові здобутки молоді — вирішено проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 міжнарод. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 10—11 квітня 2014 р. Київ, НУХТ. 2014. Ч. 2. С. 48—50.
15. Кулешов О. Ю., Седелкин В. М. Анализ характеристик сложного теплообмена в промышленных хлебопекарных печах в зависимости от конструктивных и режимных параметров. *Вестник Саратовского государственного технического университета*. 2011. № 4 (60). Вып. 2. С. 161—165.
16. Володарский А. В., Сигал М. Н., Ничиков И. М. Промышленные печи пищевых производств. К.: Техніка. 1986. 136 с.
17. Krist-Spit C. E., Sluimer P. Heat transfer in ovens during the baking of bread. In: *Cereals in a European Context, 1st European Conference on Food Sci. & Tech.* Morton, I. D. (Ed.), 1987. P. 346—354.
18. Carvalho M. G., Nogueira M. Improvement of Energy Efficiency in Glass-Melting Furnaces, Cement Kilns and Baking Ovens. *Applied Thermal Engineering*. 1997. 17(8—10). P. 921—933.
19. Standing C. Individual heat transfer modes in band oven biscuit baking. *J. Food Sci.*, 1974. 39. P. 267—271.
20. Бондаренко Е. Г., Дорохович А. Н., Декуша Л. В., Федоров В. Г., Михелев А. А. Кинетика теплопритоков при выпечке бисквитного полуфабриката. *Пищевая технология*. 1977. № 3. С. 81—84.
21. Fahloul D., Trystram G., McFarlane I., Duquenoy A. Measurements and Predictive Modelling of Heat Fluxes in Continuous Baking Ovens. *J. Food Engineering*. 1995. 26. P. 469—479.
22. Stenby Andresen M., Løje H., Adler-Nissen J. Experimentally supported mathematical modeling of continuous baking processes. PhD Thesis. Kgs. Lyngby: Technical University of Denmark (DTU). 2013. P. 200.
23. Федорів В. Г. Тепломасообмін: конспект лекцій. К.: УДУХТ. 1998. 84 с.
24. Baik O. D., Grabowski S., Trigui M., Marcotte M., Castaigne F. Heat transfer coefficients on cakes in a tunnel type industrial oven. / *J. Food Sci.* 1999. Vol. 64, No. 4. P. 688—694.
25. Skjöldebrand C., Ellbjär C., Anderson C. G., Eriksson T. Optical properties of bread in the near infrared range. *J. Food Engineering*. 1988. 8. P. 129—139.

26. Dessev T., Jury V., Le-Bail A. The effect of moisture content on short infrared absorptivity of bread dough. *J. Food Engineering*. 2011. 104. P. 571—576.
27. Брязун В. А., Аднодворцев М. Ф., Йон П. Эффективность применения STIR-технологии для выпечки пшеничных хлебобулочных изделий. *Хлебопечение России*. 2009. № 2. С. 22—25.
28. Handbook of heat transfer / editors, W. M. Rohsenow, J. P. Hartnett, Y. I. Cho. 3rd ed. 1998. 1484 p.
29. Zhang J., Datta A. K. Mathematical Modeling of Bread Baking Process. *J. Food Engineering*. 2006. 75(1), P. 78—89.
30. Šeruga B., Budžaki S., Ugarčić-Hardi Ž. Individual Heat Transfer Modes During Baking of “Mlinci” Dough. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2007. 72(3). P. 257—263.
31. Sakin M., Kaymak-Ertekin F., Ilicali C. Convection and radiation combined surface heat transfer coefficient in baking ovens. *J. Food Engineering*. 2009. 94. P. 344—349.
32. Sani N., Taip S., Kamal S. M. M., Ab. Aziz, N. Effects of temperature and airflow on volume development during baking and its influence on quality of cake. *J. Engineering Science and Technology*. 2014. Vol. 9, No. 3. P. 303—313.
33. Monteau J. Y. Estimation of Thermal Conductivity of Sandwich Bread Using an Inverse Method. *J. Food Engineering*. 2008. 85(1), P. 132—140.
34. Sato H., Matsumura T., Shibukawa S. Apparent Heat Transfer in a Forced Convection Oven and Properties of Baked Food. *J. Food Science*. 1987. 52(1), P. 185—193.
35. Shibukawa S., Sugiyama K. Yano T. Effects of Heat Transfer by Radiation and Convection on Browning of Cookies at Baking. *J. Food Science*. 1989. 54(3), P. 621—624.
36. Paton J. B. Energy utilisation in commercial bread baking. PhD Thesis. The University of Leeds. School of Mechanical Engineering. 2013. P. 181.
37. Шубенко Б. П. Теплометрическое исследование тоннельных хлебопекарных печей с целью их совершенствования: автореф. дисс. канд. техн. наук. К.: 1980. 24 с.
38. Способ управления тепловым режимом выпечки в хлебопекарной печи. А.с. СССР № 1517885: МКИ А 21 В 1/08. / Теличкун В. И., Ковалев А. В., Дудко С. Д., Пивень Е. Н., Тетеркина О. В.; заявл. 18.02.88; опубл. 30.10.89, Бюл. № 40.
39. Van Son M. Flux future. *Asia-Pacific Baker*, 2001. August. P. 16—22.
40. Therdthai N., Zhou W. Recent Advances in the Studies of Bread Baking Process and Their Impacts on the Bread Baking Technology / *Food Sci. Technol. Res.*, 2003. 9(3). P. 219—226.
41. Федоров В. Г. Теплометрия в пищевой промышленности. М.: Пищевая промышленность. 1974. 174 с.
42. Childs P. R. N., Greenwood J. R., Long C. A. Heat Flux Measurement Techniques. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C. 1999. 213(7), P. 655—677.
43. Доломакин Ю. Ю., Ковалев А. В., Глуздань А. А., Федоров В. М. Теплопоглощение тестовой заготовкой в процессе выпечки в конвективных хлебопекарных печах. *Ukrainian Food Journal*. 2012. № 2. С. 84—87.
44. Ковальов О. В., Теличкун В. І., Олійник Н. В. Теплопоглинання в процесі випікання хліба. *Харчова і переробна пром-ть*. 1999. № 5—6. С. 19.
45. Pierrel F., Newborough, M. Heat flux maps for ovens: baking comfort zones. In Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Conference. Washington, D.C., USA. 2003.

WAYS OF EXTENSION OF ASSORTMENT OF BAKERY PRODUCTS FOR RESTAURANT BUSINESS

T. Sylchuk, K. Sakhnenko, V. Zuiko

National University of Food Technologies

Key words:

Bakery products
Crisp bread
Whole grain flour
Flax
Sesame

Article history:

Received 10.12.2019
Received in revised form
20.12.2019
Accepted 16.01.2020

Corresponding author:

T. Sylchuk
E-mail:
tsnuft@gmail.com

ABSTRACT

The requirements for nutrition of modern consumers are formed by fundamentally new advanced technologies of bread production, which contribute to the expansion of the range of bakery products, particular in restaurants. An alternative to traditional bakery products, that have limited nutritional and biological value, is crisp bread, which includes additional recipe components.

The technology of grain bread was studied using wheat and rye flour. There was determined that these products can be used as a substitute for traditional bakery products, particular in restaurants, as a side dish for soups, main courses and snacks. There was investigated the possibility of improving the technology of bread by replacing rye and wheat flour with whole grain wheat and rye flour. There was also investigated the introduction of components with a rich nutrient composition, namely flax and sesame seeds.

There was investigated the feasibility of using different ways of dough leavening — microbiological and chemical. There was established that for the selected type of bakery products it is optimal to use chemical method of dough leavening.

The recipe composition of newly developed cereals crisp bread was shown. There was established that products with using whole grain wheat and rye flour have higher nutritional and consumer value. There was established that adding sesame seeds to the recipe makes it possible to provide about 30% of daily calcium requirement by consuming 100 g of finished products. There was investigated the influence of prescription components on the energy value of finished products. There was given the main indicators of quality of the developed bread, there was calculated its cost and a comparative evaluation of the products depending on their recipe composition. There was shown possibility of introducing advanced technology in the conditions of restaurant business.

ШЛЯХИ РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ ХЛІБНИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

Т. А. Сильчук, К. О. Сахненко, В. І. Зуйко

Національний університет харчових технологій

Вимоги до сучасного харчування населення формують принципово нові вдосконалені технології хлібних виробів, що сприяють розширенню асортименту хлібобулочних виробів, зокрема в закладах ресторанного господарства. Досліджено технологію зернових хлібців з використанням суміші пшеничного та житнього борошна. Визначено, що ці вироби можуть бути використані як альтернатива традиційним хлібобулочним виробам, зокрема в закладах ресторанного господарства, як самостійний виріб або як гарнір до супів, основних страв і закусок. Удосконалено технологію хлібців шляхом заміни борошна житнього обдирного та пшеничного вищого сорту на цільозернове пшеничне та житнє борошно, а також внесення до складу рецептурних компонентів сировини з великою кількістю вітамінів, мікро- та мікроелементів. Доведено доцільність збагачення хлібних виробів насінням льону та кунжуту як джерела цінних нутрієнтів.

Наведено рецептурний склад нових розроблених зернових хлібців і розраховано хімічний склад та енергетичну цінність готових виробів. Встановлено, що вироби з використанням цільозернового пшеничного та житнього борошна мають вищу харчову й споживчу цінність. Внесення до рецептури хлібців насіння кунжуту дає змогу забезпечити при споживанні 100 г готових виробів близько 30% від добової потреби організму людини в кальції, підвищити вміст у раціоні людини цінних мікро- та макроелементів. Наведено вміст мікро- та макроелементів, вітамінів у розроблених виробах.

Досліджено вплив рецептурних компонентів на енергетичну цінність готових виробів. Наведено основні показники якості розроблених хлібних виробів, розраховано та обґрунтовано їхню собівартість та надано порівняльну оцінку виробів залежно від їхнього рецептурного складу. Показана можливість впровадження удосконаленої технології в умовах закладів ресторанного господарства.

Ключові слова: хлібні вироби, хлібці, цільозернове борошно, льон, кунжут.

Постановка проблеми. Здорове харчування — одна з найважливіших складових здорового способу життя, що, у свою чергу, є запорукою довголіття, краси й успіху в цілому. З їжею людський організм отримує енергію, необхідні організму мікро- та мікроелементи, вітаміни. Хліб і хлібобулочні вироби є традиційними складовими елементами споживчого кошику населення України [1]. Проте сучасна концепція харчування середньовікової категорії споживачів демонструє стабільну динаміку збільшення пріоритетної направленості до альтернативних хлібних виробів. Широкого попиту набули зернові хлібці, які

мають високу харчову цінність за рахунок вмісту у продукті значної кількості харчових волокон, мінеральних речовин (переважно заліза, калію, кальцію, натрію, магнію і фосфору), амінокислот і вітамінів групи В, РР, Е, А тощо [2]. Актуальним завданням сучасного виробництва є забезпечення наявності у складі продуктів щоденного вжитку достатньої кількості харчових волокон або клітковини, яка стимулює роботу шлунково-кишкового тракту, сприяє формуванню та підтриманню нормальної мікрофлори кишківника, розмноженню корисних мікроорганізмів та виведенню токсинів і важких металів. У процесі реалізації поставленого завдання виникає проблема пошуку джерел важливого нутрієнту та вирішення технологічних завдань задля забезпечення високої якості кінцевого продукту.

Мета статті: удосконалення технології хлібобулочних виробів функціонального призначення, зокрема хлібців на основі різних видів борошна, та визначення їх споживчої цінності.

Матеріали і методи. Предметом дослідження були хлібці із суміші пшеничного борошна вищого сорту та житнього обдирного борошна, збагачені насінням льону, кунжуту, хлібці, виготовлені з цільнозернового житнього та пшеничного борошна.

При проведенні досліджень готували такі зразки хлібців:

- хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 60:40, збагачені насінням льону;
- хлібці, виготовлені на дріжджах, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 60:40, збагачені насінням льону;
- хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 50:50, збагачені насінням кунжуту;
- хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 50:50, збагачені насінням льону;
- хлібці, виготовлені на розпушувачі, з цільнозернового пшеничного борошна, збагачені насінням льону;
- хлібці, виготовлені на розпушувачі, з цільнозернового житнього борошна збагачені насінням льону.

Досліджувані зразки готували за традиційною технологією для цього виду хлібної продукції порційними виробами масою 30 г. Така маса випечених виробів рекомендована для закладів ресторанного господарства (ЗРГ) як гарнір до супів, основних страв і закусок.

Для визначення основних показників якості готових виробів застосовували загальноприйняті методики [6].

Результати і обговорення. Хлібці — виважена альтернатива традиційному хлібу. Вони є ідеальним варіантом при дієтичному харчуванні, характеризуються зниженою калорійністю та мають високу споживчу цінність [3].

Сировина для виготовлення продукції є одним з основних факторів, що впливає на споживчі властивості та якість готових виробів [4]. На сьогодні, через зростаючу популярність здорового харчування, багато виробництв надають перевагу саме цільнозерновому борошну. Цільнозернове борошно містить віта-

міни групи В, вітамін Е, кальцій, марганець, залізо, хром. Ці елементи чинять оздоровчий вплив на кровоносну, серцево-судинну, травну системи організму [3].

При виготовленні хлібців замішували тісто за рецептурою (табл. 1), залишали на 10—15 хв при температурі 26—28°C, формували хлібці та випікали 15—20 хв за температури 180°C до готовності. Для зразків, які готували з використанням дріжджів, передбачати бродіння впродовж 20—30 хв, формування та вистоювання.

Борошно житнє цільнозернове містить білки, вуглеводи, жири, мінеральні солі, β-каротин, вітаміни А, В, РР, D. Такий хімічний склад обумовлює позитивний вплив на організм споживача, стимулюючи обмін речовин, що забезпечує покращення загального стану роботи серцево-судинної системи.

Таблиця 1. Технологічна карта на досліджувані зразки хлібців

№ п/п	Найменування сировини	Зразки хлібців					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
1	Борошно житнє обдирне	80	80	100	100	—	—
2	Борошно пшеничне вищого сорту	120	120	100	100	—	—
3	Насіння льону	55	55	—	55	55	55
4	Насіння кунжуту	—	—	55	—	—	—
5	Олія соняшникова рафінована	15	15	15	15	15	15
6	Молоко	65	65	65	65	65	65
7	Розпушувач (гідрокарбонат натрію)	3	—	3	3	3	3
8	Дріжджі пресовані	—	3	—	—	—	—
9	Сіль	3	3	3	3	3	3
10	Борошно пшеничне цільнозернове	—	—	—	—	200	—
11	Борошно житнє цільнозернове	—	—	—	—	—	200

Борошно житнє цільнозернове характеризується не лише високою харчовою та біологічною цінністю, але також має відмінний хімічний склад (табл. 2). Це вирізняє його серед асортименту продукції борошномельного виробництва, представленого на ринку.

Таблиця 2. Хімічний склад досліджуваних зразків хлібців (100 г виробів)

Мікро- та макро-елементи, вітаміни	Зразки хлібців					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Кальцій, мг	76,6	76,8	314	76,7	97,6	94,4
Магній, мг	82	82,5	128,9	83,9	130	108,6
Натрій, мг	14,6	14,6	26,1	14,7	20,2	17
Калій, мг	270,6	275,1	285,4	281,4	365,5	390,7
Фосфор, мг	187,6	190,7	247,8	192	341,7	249,2
Залізо, мг	2	2,1	4,5	2,2	4	3,2
Йод, мкг	0,8	0,8	2,6	1,1	—	2,4
Вітамін РР, мг	0,3	1,2	2,8	1,1	4	1,2
Вітамін В ₁ , мг	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Вітамін В ₂ , мг	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Вітамін В ₆ , мг	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2
Харчові волокна, г	8	8	6,6	8,6	9	14

Отже, визначивши хімічний склад різних зразків розроблених хлібців, можна зробити висновок, що більшість макро- та мікроелементів, вітамінів представлено в хлібцях, виготовлених на цільнозерновому пшеничному та житньому борошні. Це свідчить про більшу споживчу цінність хлібних виробів, виготовлених на цих видах борошна. Внесення до рецептури хлібців насіння кунжуту дає змогу підвищити вміст кальцію в готових виробах до 314 мг/100 г продукту, а вміст вітаміну РР порівняно з іншими зразками хлібців збільшується вдвічі.

Енергетична цінність характеризує ту частку енергії, яка може вивільнитися з харчових продуктів в процесі біологічного окиснення і використовуватися для забезпечення фізіологічних функцій організму [5].

Розраховали вміст білків, жирів, вуглеводів та енергетичну цінність кожного продукту (табл. 3). Вміст основних нутрієнтів та енергетичну цінність 100 г готових виробів наведено на рис. 1.

Таблиця 3. Вміст білків, жирів, вуглеводів та енергетична цінність 100 г сировини або в порції виробів

Сировина	Білки		Жири		Вуглеводи		Енергетична цінність, ккал	
	100 г	На порцію	100 г	На порцію	100 г	На порцію	100 г	На порцію
Борошно житнє обдирне	9,4	7,52	1,8	1,44	59,2	47,36	291	232,8
Борошно пшеничне вищого сорту	11,3	13,56	1,1	1,32	73	87,6	347	416,4
Борошно житнє цільнозернове	9,4	18,8	1,8	3,6	59,2	118,4	291	582
Борошно пшеничне цільнозернове	11,5	23	2,2	4,4	63,7	127,4	320	640
Молоко	3,2	2,08	3,25	2,11	5,2	3,38	54	35,1
Олія соняшникова рафінована	—	—	99,85	64,9	—	—	899	134,85
Насіння льону	18,29	10,05	42,16	23,18	28,88	15,88	534	293,7
Насіння кунжуту	19,4	10,67	48,7	26,7	12,2	6,71	565	310,75
Розпушувач	0,1	0,03	—	—	19,6	0,58	79	2,37
Дріжджі пресовані	13	0,9	8	0,24	3,2	0,09	138	4,14

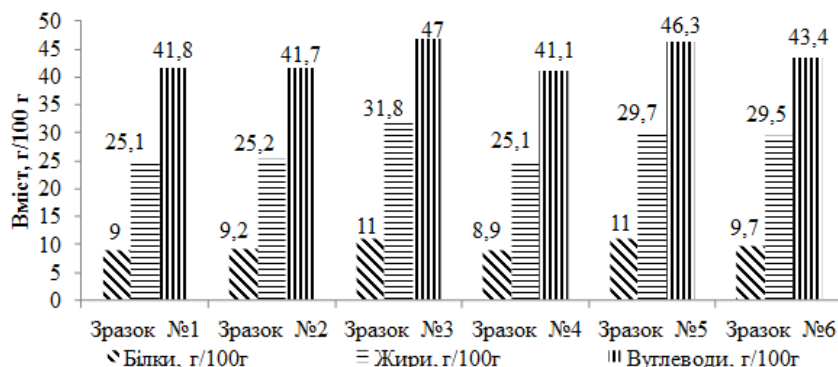


Рис. 1. Вміст білків, жирів, вуглеводів у досліджуваних зразках хлібців

Встановили (рис. 1), що внесення кунжуту (зразок № 3) сприяє збільшенню калорійності готових виробів до 368,8 ккал/100 г продукту. Найменшу енергетичну цінність мають зразки № 1, 2, 4, виготовлені з використанням насіння льону — 301,4 ккал, 301,8 та 298,2 ккал відповідно. Виготовлення хлібців на цільнозерновому пшеничному та житньому борошні забезпечує підвищення енергетичної цінності досліджуваних зразків, відповідно, зразок № 5 — 347,8 ккал та зразок № 6 — 330,5 ккал/100 г продукту.

На основі аналізу бального оцінювання органолептичних показників якості готових виробів робочою дегустаційною комісією побудовано профілограми якості показників і розраховано площу багатокутників якості готових виробів (рис. 2).

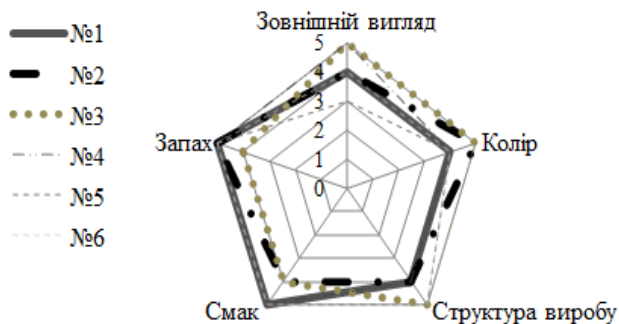


Рис. 2. Профілограма якості органолептичних показників досліджуваних зразків хлібців

Встановлено (рис. 2), що зразки хлібців, виготовлених з використанням розпушувача, мають більшу площу багатокутника якості, яка, у свою чергу, характеризує рівень комплексної оцінки якості органолептичних показників готових виробів. Таке значення показника обумовлено відмінною рівною поверхнею виробів, без тріщин і підривів. Застосування дріжджів призводить до формування нерівностей на поверхні, що обумовлено перебігом процесу бродіння. Внесення кунжуту до рецептури виробів сприяє покращенню смако-ароматичних характеристик досліджуваних зразків хлібців. Також варто зауважити, що модельні зразки виробів з цільнозерновим борошном, виготовлених із застосуванням дріжджів мають кращі органолептичні показники.

Наступним етапом досліджень було проведення аналізу можливості впровадження запропонованої вдосконаленої технології в умовах закладів ресторанного господарства. Враховуючи вартість сировини, необхідну її кількість для виготовлення виробів з урахуванням амортизаційних та експлуатаційних витрат на виробництво, розраховували ціну порцій досліджуваних зразків розроблених хлібців (табл. 4).

Проаналізувавши ринок, вибравши продукцію для виготовлення різних видів хлібців, слід зазначити, що найдорожча собівартість у хлібців на дріжджах з льоном на пшеничному та житньому борошні у співвідношенні 60:40, друге місце посідають хлібці, збагачені льоном, на цільнозерновому пшеничному

борошні, найдешевші — це хлібці з кунжутом, які характеризуються високою споживчою цінністю.

Таблиця 4. Економічні показники розроблених хлібців

№ зразка	Найменування групи хлібців	Вартість, грн
1	Хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 60:40, збагачені насінням льону	15,89
2	Хлібці, виготовлені на дріжджах, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 60:40, збагачені насінням льону	17,27
3	Хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 50:50, збагачені кунжутом	11,60
4	Хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 50:50, збагачені насінням льону	15,94
5	Хлібці, виготовлені на розпушувачі, із цільнозернового пшеничного борошна, збагачені насінням льону	17,10
6	Хлібці, виготовлені на розпушувачі, з цільнозернового житнього борошна, збагачені насінням льону	16,49

Висновки

У результаті проведених досліджень доведено доцільність використання цільнозернового пшеничного та житнього борошна в технології хлібних виробів і збагачення виробів насінням льону та кунжуту. Розроблено технології хлібо-булочних виробів функціонального призначення, зокрема декількох видів хлібців на основі різних видів борошна, насіння льону та кунжуту, визначено їхню високу споживчу цінність.

Література

1. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія / Дробот В. І. та ін.; Кондор-Видавництво. Київ, 2016. 242 с.
2. Дьяченко Д. В. Функциональные продукты питания — пища будущего. *Хлебопекарское и кондитерское дело*. 2005. № 1. С. 28—29.
3. Побігій Т. В. Харчові волокна і якість готової продукції. *Харчова промисловість*. 2003. № 3. С. 27—30.
4. Євлаш В. В., Потапова В. О., Савицька Н. Л. Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технологій, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу. Х.: ХДУХТ, 2015. 580 с.
5. Шмалько Н. А. Применение структурного анализа для формализации технологического процесса производства хлебобулочных изделий. *Хлебопекарська і кондитерська промисловість України*. 2012. № 9. С. 41—43.
6. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва: навч. посіб. за ред. Дробот В. І. К.: Центр навч. літератури, 2006. 341 с.

THE RESEARCH OF CHANGES IN VEGETABLE RAW MATERIALS DURING THE FERMENTATION PROCESS

S. Matko, L. Melnyk, N. Tkachuk, L. Zotkina

National University of Food Technologies

Key words:

Fermentation
Vegetable raw materials
Lactic acid fermentation
Lactic acid

Article history:

Received 19.12.2019
Received in revised form
10.01.2020
Accepted 27.01.2020

Corresponding author:

S. Matko
E-mail:
plqaz@ukr.net

ABSTRACT

The fermentation process of table beet, carrot, pumpkin, bitter pepper was investigated. The organoleptic parameters of the fermented product at the fermentation temperature of $20 \pm 2^\circ\text{C}$, of the process to the moment of accumulation of 0.7—0.8% acidity (on lactic acid) and the subsequent vegetables keeping at a temperature of $1\text{—}3^\circ\text{C}$ to accumulation of 1.2—1.4% lactic acid were determined.

The appearance of 0.2% lactic acid (LA) during the table beet fermentation was observed on the third day only, there is accumulation of 0.4% and 0.6% of LA on the 4th and 5th day, respectively, and of 1.2% on the 7th day. A similar tendency is characteristic for carrot fermentation, however, the appearance of LA was noted on the 2nd day, and we reached 0.3% on the 3rd day. The fermentation of the pumpkin was somewhat faster, on the 6th day the accumulation of 1.2% of lactic acid was reached.

The fermentation of pepper was the longest, the content of 1.2% of LA was reached only on 8th day, probably due to the volatile raw materials that could inhibit the activity of lactic acid bacteria. It is shown that the maximum lactic acid accumulation during table beet, carrot, pumpkin, hot pepper fermentation occurred in 6—8 days.

The experimental variants acquired the necessary taste properties after 7—8 days, then their organoleptic and physicochemical parameters were determined: soluble solids, vitamin C and β -carotene content. The organoleptic characteristics of the studied vegetables in the fermentation process do not deteriorate: the fermented products retain elastic properties, crispy consistency, except for the pumpkin and pepper, which is explained by the structure of the raw material, and pleasant typical taste and aroma. Some turbidity of the pouring was observed, probably due to the accumulation of the products of lactic acid bacteria activity. The content of ascorbic acid in the studied vegetables before and after fermentation is practically unchanged, which indicates the high biological value of the fermented products.

It has been determined that lactic acid fermentation is an energy-saving, cost-effective, environmentally friendly type of canning. Lactic acid gives a specific sweet taste to the products, protects them from damage, and lactic acid bacteria *Lactobacillus acidophilus*, after consuming these products, increase the amount of beneficial microflora in the human intestine.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-23

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН В ОВОЧЕВІЙ СИРОВИНІ В ПРОЦЕСІ ФЕРМЕНТУВАННЯ

С. В. Матко, Л. М. Мельник, Н. А. Ткачук, Л. В. Зоткіна
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено процес ферментування буряка столового, моркви, гарбуза, перцю гіркого стручкового. Визначено органолептичні показники ферментованого продукту при температурі ферментації $20 \pm 2^\circ\text{C}$, перебігу процесу до моменту накопичення кислотності розсолу на рівні 0,7—0,8% (у перерахунку на молочну кислоту) та подальшому витримуванні готових овочів за температури $1\text{—}3^\circ\text{C}$ до накопичення молочної кислоти на рівні 1,2—1,4%.

Появу 0,2% молочної кислоти (МК) при ферментуванні буряка столового зафіксовано лише на 3-й день, на 4-й та 5-й день відбувається накопичення відповідно 0,4% та 0,6% МК відповідно, а на 7-й день — 1,2%. Схожа тенденція властива ферментуванню моркви, проте появу МК відмічено вже на 2-й день, а на 3-й день її кількість досягає 0,3%. Ферментування гарбуза проходить децю швидше, на 6-й день було досягнуто 1,2% МК.

Найдовше зброджувався перець гострий, вміст МК 1,2% досягнуто лише на 8-й день, імовірно, за рахунок фітонцидів сировини, що могли пригнічувати діяльність молочно-кислих бактерій. Показано, що максимальне накопичення молочної кислоти при квашенні буряка столового, моркви, гарбуза, перцю гострого відбувається за 6—8 днів.

Дослідні зразки набули необхідних смакових властивостей через 7—8 діб, що було встановлено у результаті визначення їхніх органолептичних і фізико-хімічних показників: вміст розчинних сухих речовин, вітаміну С і β -каротину. Органолептичні показники досліджуваних овочів у процесі ферментування не погіршуються: квашена продукція зберігає пружну, хрустку консистенцію та приємні типові смак і аромат, за винятком гарбуза та перцю, що пояснюється структурою вихідної сировини. Відзначено незначне помутніння заливи, ймовірно за рахунок накопичення продуктів життєдіяльності молочнокислих бактерій. Вміст аскорбінової кислоти в досліджуваних овочах до і після ферментації практично не змінюється, що свідчить про високу біологічну цінність ферментованих продуктів.

Встановлено, що молочнокисле бродіння є енергоощадним, економічно вигідним, екологічно безпечним різновидом консервування. Молочна кислота надає продукції специфічного приємного присмаку, захищає її від псування, а молочнокислі бактерії *Lactobacillus acidophilus*, після її споживання, збільшують кількість корисної мікрофлори у кишківнику людини.

Ключові слова: ферментування, овочева сировина, молочно-кисле бродіння, молочна кислота.

Постановка проблеми. Квашення, соління і мочіння — це різновид одного й того ж способу мікробіологічного консервування, зокрема ферментування. Квашення, в основному, відноситься до капусти, солять огірки та

помідори, а мочать — яблука. Квашені овочі відрізняються більшим вмістом молочної кислоти (до 1,8%) і меншою кількістю солі (до 2%). Мочіння ґрунтується на мікробіологічних процесах, які сприяють накопиченню у продукті натуральних консервантів — молочної кислоти і спирту. Метод мочіння називається так тому, що плоди та ягоди нерідко заливають чистою водою з розрахунку на утворення природного консерванту на основі цукру сировини [1; 2].

При мочінні плодів та ягід мікробіологічні процеси відбуваються у результаті діяльності природної мікрофлори, хоча більш прогресивним є застосування чистої культури молочнокислих бактерій. На поверхні сировини завжди є велика кількість різних мікроорганізмів, тому при мочінні можуть розвиватися різні процеси — молочнокисле, спиртове, оцтовокисле, маслянокисле, гнильне бродіння, а також і пліснявіння. Бажаним є молочнокисле і спиртове бродіння. Решта мікробіологічних процесів тільки погіршує якість продукції [2—5].

Квашення — вид перероблення овочів, простий і ефективний спосіб збільшити термін зберігання певних продуктів завдяки молочнокислому бродінню, під час якого утворюється молочна кислота — консервант овочевої продукції.

Для регулювання якісних показників готового продукту, зменшення кількості відходів доцільно дослідити процеси, які проходять у рослинній сировині при молочнокислому бродінні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальні факти про ферментування подано у підручниках з технічної мікробіології й технології перероблення плодовоовочевої сировини. Розвиток мікробіологічних процесів і перевага одного над іншим залежать від того, наскільки обнасінена сировина різними видами мікроорганізмів; від температури бродіння і зберігання продукції, концентрації солі, кислот і цукрів, доступу повітря.

Молочнокисле бродіння викликають молочнокислі бактерії різних видів, всі вони розвиваються без доступу кисню повітря, тобто є анаеробними. Отже, ізолюючи продукцію від доступу повітря, можна уникнути небажаних процесів, які розвиваються за наявності кисню (оцтовокисле бродіння, гниття, пліснявіння) [2—5].

Молочнокисле бродіння виникає в результаті перетворення цукрів. Завдяки бродінню глюкози чи фруктози і під впливом внесеної солі відбуваються зміни хімічного складу овочів і їхніх фізичних властивостей. Замість збродженого цукру в овочах з'являються молочна кислота, спирт та інші продукти. Зменшується вміст азотистих речовин, частина яких витрачається на розвиток мікрофлори. Колоїди овочів під впливом кислот набухають, що викликає зміну структури плодової м'якоти та її консистенції. Крім молочної кислоти, можливе утворення незначної кількості піровиноградної, лимонної кислот та інших речовин, які не погіршують якість продукції та створюють своєрідний приємний смак й аромат.

Можливе накопичення летких кислот — оцтової, мурашиної, пропіонової, які погіршують якість моченої продукції, і їхня кількість суворо обмежується стандартом [1—3].

Більшість мікроорганізмів добре розвивається у середовищі, близькому до нейтрального (рН=7). Для молочнокислих бактерій кращою реакцією середовища є слабокисла (рН=4,9—6,0). Проте є межа значення рН, нижче якої ці мікроорганізми не розвиваються. Такою межею є рН: для бактерій гнильних — 4,4—5,0, маслянокислих — 4,5, молочнокислих — 3,0—4,4, винних дріжджів — 2,5—3,0, плісеней — 1,2—3,0. Для пригнічення розмноження гнильних і маслянокислих бактерій необхідно створити умови для швидкого збільшення кислотності середовища за рахунок інтенсивного розвитку молочнокислого бродіння.

Небажаних процесів при молочнокислому бродінні можна уникнути старанним миттям сировини і підтриманням температури не вище 22°C; від пліснявіння й оцтовокислого бродіння — ізоляцією продуктів від доступу повітря; від гнильного бродіння — утворенням кислого середовища. Дотримання цих вимог сприяє розвитку тільки молочнокислого і спиртового бродіння та одержанню продукції високої якості [1—5].

Молочнокисле бродіння є енергоощадним, економічно-вигідним, екологічно безпечним способом консервування. Молочна кислота надає продукції специфічного приємного присмаку, захищає її від псування, а молочнокислі бактерії *Lactobacillus acidophilus* збільшують кількість корисної мікрофлори у кишківнику людини.

Ферментація відбувається в три етапи. На першому етапі розмножуються всі мікроорганізми, які є на поверхні плодоовочевої сировини, але через три доби переважають молочнокислі бактерії, при цьому утворюється 0,3...0,4% молочної кислоти. У цей час відбувається інтенсивне виділення соку з клітини, маса овочів зменшується, а кількість розсолу збільшується. На другому етапі ферментування молочнокислі бактерії посилюють утворення молочної кислоти. Розсіл потрапляє в тканину плодів, витісняє повітря, в результаті чого тканина плода стає щільною. Третій етап відбувається за зниженої температури та характеризується зміною органолептичних і фізико-хімічних показників якості продукту. У подальшому бродіння практично зупиняється.

Л. П. Холодний та А. Т. Безусов [6; 7] встановили можливість використання водних екстрактів із відходів і нестандартної сировини консервного виробництва для одержання за допомогою молочнокислих бактерій *Lactobacillus plantarum* штаму АН 11/16 лактоферментованих заливок. Досліджено процес ферментації перестиглих томатів і томатів біологічної стадії стиглості, розроблено технологію одержання соку із ферментованих томатів.

Метою статті є дослідження змін в овочевій сировині в процесі ферментування.

Матеріали і методи. Для досліджень процесу ферментування обрано буряк згідно з ДСТУ 7033:2009 [9], моркву — згідно з ДСТУ 7035:2009 [10], гарбуз — згідно з ДСТУ 3190-95 [11] та перець гіркий стручковий — згідно з ДСТУ 7981:2015[12].

Для дослідження фізико-хімічних показників визначали:

- вміст сухих речовин у сировині — згідно з ДСТУ ISO 751-2004 [13];

- масову частку розчинних сухих речовин — рефрактометричним методом згідно з ДСТУ ISO 2173:2007 [14];
- активну кислотність (pH) — згідно з ДСТУ 1132:2005 [15];
- масову частку титрованих кислот — методом об'ємного титрування згідно з ДСТУ EN 12147-2003 [16];
- масову частку золи — згідно з ДСТУ ISO 5520:2007 [17];
- вміст аскорбінової кислоти — йодометричним методом згідно з ДСТУ ISO 6557-2:2014 [18];
- вміст каротину — згідно з ДСТУ ISO 6558-2:2004 [19];
- органолептичну оцінку — згідно з ДСТУ 8449:2015 [20].

Перець гострий мили проточною водою до повного видалення всіх забруднень з одночасним інспектуванням для вилучення некондиційної сировини. Моркву, буряки і гарбуз сортували за якістю, мили, очищали від шкірочки; овочі нарізали на коренерізках соломкою (3—5 мм). Підготовлені інгредієнти заливали 3-відсотковим сольовим розчином в ємностях для ферментації, закривали поліетиленовою плівкою та ставили зверху гніт. Температуру ферментації витримували на рівні $20 \pm 2^\circ\text{C}$ до моменту накопичення кислотності розсолу до 0,7—0,8% (у перерахунку на молочну кислоту) та визначали органолептичні показники ферментованого продукту. Готові овочі зберігали за температури 1—3°C до накопичення молочної кислоти на рівні 1,2—1,4%. Більш низька температура значно затримує утворення молочнокислих бактерій, а при вищій температурі розвиваються маслянокислі бактерії, які викликають гіркоту і псування продукції.

Викладення основних результатів дослідження. Попередньо підготовлену сировину піддавали органолептичним і фізико-хімічним дослідженням, результати яких подано у табл. 1, 2.

Кінетику утворення молочної кислоти (далі МК) в овочевій сировині за 8 днів подано на рис. 1—4.

Так, для буряка столового (рис.1) поява молочної кислоти у кількості 0,2% спостерігається лише на 3-й день, на 4-й та 5-й день відбувається накопичення відразу 0,4% та 0,6% МК відповідно, а на 7-й день — 1,2%.

Таблиця 1. Органолептична оцінка сировини

Найменування зразка	Показники			
	Зовнішній вигляд	Колір	Смак	Запах
Буряк столовий	Гладенький з горбинками	Темно-червоний, бордовий	Солодкий, властивий буряку	Без сторонніх запахів
Морква	Гладенька, довжиною близько 15—16 см	Оранжевий	Солодкий, терпкий	Властивий моркві
Гарбуз	Шорстка, з невеликими плямами	Яскраво-оранжевий	Солодко-гіркуватий	Властивий гарбузу
Перець гострий	Цілі, свіжі, чисті стручки	Червоний, різних відтінків	Гіркий, пекучий	Виражений, з пряним відтінком

Таблиця 2. Хімічний склад вихідної сировини

Найменування зразка	Вміст сухих речовин, %	Зола мг%	Білок, мг%	Жири, мг%	Вуглеводи, мг%	Аскорб. кислота, мг	β-каротин, мг
Буряк столовий	14,2	0,9	0,5	0,1	11,7	10	0,01
Морква	12,1	1	1,2	0,1	9,1	5	9
Гарбуз	10,3	0,5	0,9	-	5,9	8	1,4
Перець гострий	12,0	0,9	1,9	0,44	7,3	143	53

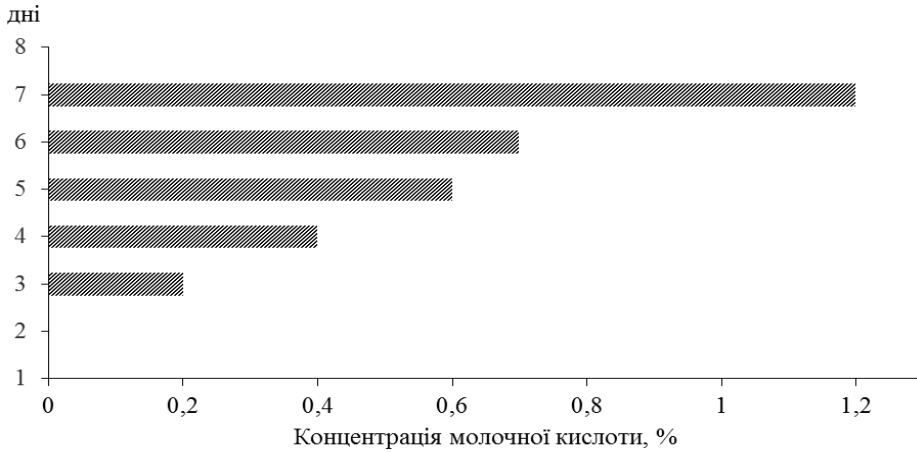


Рис. 1. Динаміка накопичення молочної кислоти в буряку

Схожу тенденцію (рис. 2) спостерігали при ферментуванні моркви, проте появу МК відмічено вже на 2-й день, а на 3-й день її кількість досягає 0,3%.

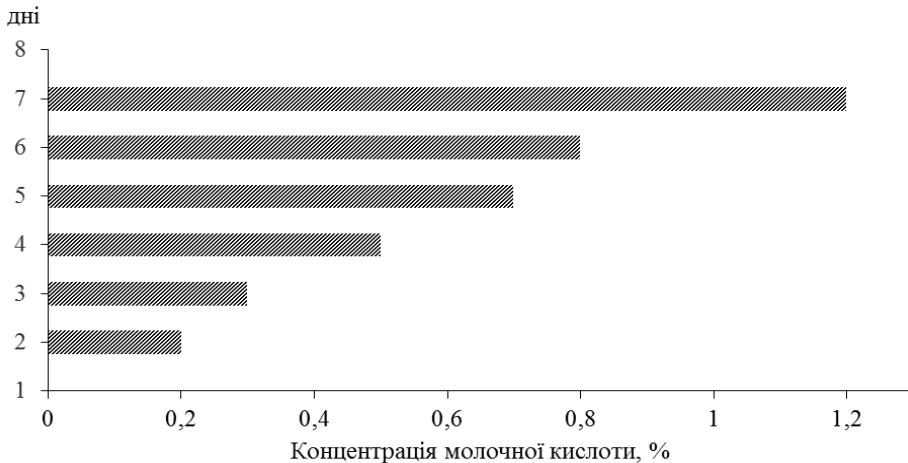


Рис. 2. Динаміка накопичення молочної кислоти в моркві

Ферментування гарбуза (рис. 3) проходить дещо швидше, на 6-й день було досягнуто 1,2% МК.

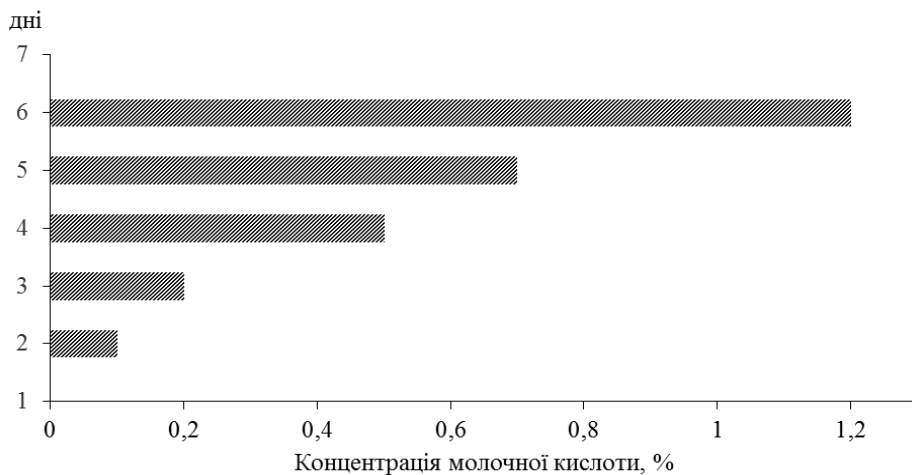


Рис. 3. Динаміка накопичення молочної кислоти в гарбузі

Найдовше зброджувався перець гострий (рис. 4), вміст МК 1,2% досягнуто лише на 8-й день, імовірно, за рахунок фітонцидів сировини, що могли пригнічувати діяльність молочно-кислих бактерій.

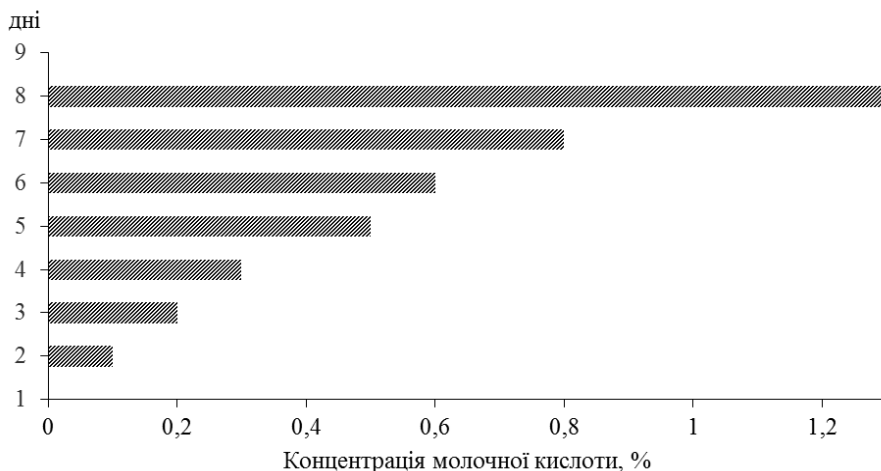


Рис. 4. Динаміка накопичення молочної кислоти в перці гострому

Після закінчення основної активної фази процесу ферментації, за органолептичними показниками (смаком), солені овочі ще не є придатними для споживання. Тому їх закладали на зберігання при температурі 1—3°C для продовження ферментативних процесів і набуття характерних смакових властивостей (дозрівання). Впродовж зберігання за смаковими властивостями визначали готовність продукції до споживання.

Дослідні варіанти набули необхідних смакових властивостей через 7—8 діб і тоді було визначено їхні органолептичні та фізико-хімічні показники, у тому числі, вміст вітаміну С і β-каротину, які є антиоксидантами і захищають клітини організму людини від шкідливої дії вільних радикалів, сповільнюють процеси старіння.

Аналізуючи отримані результати (табл. 3), слід зазначити, що квашена продукція переважно зберігає пружну, хрустку консистенцію, за винятком гарбуза та перцю, що пояснюється структурою вихідної сировини, та приємні типові смак і аромат. Мутність заливки пояснюється накопиченням продуктів життєдіяльності молочнокислих бактерій.

Таблиця 3. Органолептична оцінка ферментованої сировини

Зразок	Показники		
	Якість заливки	Консистенція	Смак і аромат
Буряк столовий	Мутна, фіолетового кольору, без осаду	Овочі хрусткі, просочені заливою	Кисло-солоний смак, приємний запах
Морква	Мутна, світло-жовтого кольору	Овочі цілі, хрусткі, соковиті, м'якоть щільна	Солонувато-солодкий смак, приємний запах
Гарбуз	Мутна із білим осадом	М'якоть овочів дуже м'яка, має кашоподібну консистенцію	Солонувато-кислий на смак, типовий запах
Перець гострий	Мутна, без осаду, з приємним ароматом	Овочі м'які, просочені заливою	Гостро-солоний смак з кислинкою, приємний кислуватий запах

Зниження вмісту розчинних сухих речовин (табл. 4), порівняно з початковим, пояснюється проходженням процесу бродіння.

Крім того, слід відмітити, що процес ферментації супроводжується виділенням молочної кислоти, яка є природним консервантом. За допомогою ферментативного методу консервування спостерігається збереження аскорбінової кислоти та бета-каротину майже на рівні вихідної сировини (табл. 2, 4).

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники ферментованих овочів

Найменування зразку	Показники			
	Масова частка титрованих кислот (у перерахунку на молочну кислоту),%	Вміст		
		сухих речовин, %	аскорбінової кислоти, мг/100г	β-каротину, мг/100г
Буряк столовий	1,3	13,1	8,9	0,01
Морква	1,2	10,9	4,1	8,0
Гарбуз	1,2	8,2	6,9	1,2
Перець гострий	1,3	10,8	135	50

Висновки

1. Максимальне накопичення молочної кислоти при квашенні буряка столового, моркви, гарбуза, перцю гострого відбувається протягом 6—8 днів.

2. Органолептичні показники досліджуваних овочів у процесі ферментування не погіршуються.

3. Вміст аскорбінової кислоти та β -каротину в досліджуваних овочах до і після ферментації практично не змінюється, що свідчить про високу біологічну цінність ферментованих продуктів.

Література

1. Загальні технології харчових виробництв: підручник / А. І. Українець, М. М. Калакура, Л. Ф. Романенко та ін.; за заг. ред. М. М. Калакура, Л. Ф. Романенко; Відкритий міжнар. ун-т розвитку людини «Україна». Київ, 2010. 814 с.
2. Технології консервування плодів та овочів: підручник / за заг. ред. А. Ю. Токар. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві», 2015. 598 с.
3. Технічна мікробіологія / Л. В. Капрельянц, Л. М. Пилипенко, А. В. Єгорова, О. М. Канихіна, С. М. Кобелева; за заг. ред. Л. В. Капрельянц. Одеса, Друк, 2006. 308 с.
4. Пищевая специальная микробиология: учебное пособие для студентов направлений подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» / А. А. Перетрутов, М. Н. Чубенко, С. В. Просвирин. Нижний Новгород, 2018. 196 с.
5. Коваленко В. О., Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Коваль А. А., Ілюха М. Г., Александров О. В. Технічна мікробіологія: підручник для студ. вищих навч. закладів. Харків, 2013. 432 с.
6. Холодний Л. П., Безусов А. Т. Комплексная технология переработки фруктово-овощного сырья. *Наукові праці ХДАТОХ*. Харків, 2000. С. 160—164.
7. Васюта В. М., Рибак Г. М., Рибіцька Г. С., Холодний Л. П., Сухолотюк І. С., Бурбак А. М., Олійник Л. Б., Табакіна Т. П., Марченко К. В. Розробка технології нових видів овочевих консервів. *Мат. наук. конф. за результатами досліджень професорсько-викладацького складу, аспірантів та студентів ПКІ за 1996—1998 рр. в 2 книгах*. Полтава: ПКІ. 1999. Книга 2. С. 51—55.
8. Спосіб виробництва натуральних овочевих маринадів/ Л. П. Холодний, А. Т. Безусов, Г. П. Хомич: пат. 6103 А. Україна, МПК 7 A23L1/212. №20021210776; Заявлено 29.12.2002; Опубл. 15.10.03, Бюл. № 10. 4 с.
9. ДСТУ 7033:2009. Буряк столовий свіжий. Технічні умови. Київ, 2009. 14 с.
10. ДСТУ 7035:2009. Морква свіжа. Технічні умови. Київ, 2009. 15 с.
11. ДСТУ 3190-95. Гарбузи продовольчі свіжі. Технічні умови. Київ, 1995. 31 с.
12. ДСТУ 7981:2015 Перець стручковий гострий свіжий. Технічні умови. Київ, 2015. 13 с.
13. ДСТУ ISO 751:2004 Фрукти, овочі та продукти перероблення. Метод визначення сухих речовин, не розчинних у воді (контрольний метод) ДСТУ ISO 751:2004. Київ, 2005. 8 с.
14. ДСТУ ISO 2173:2007. Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT). Київ, 2005. 8 с.
15. ДСТУ ISO 1132:2005. Соки фруктові та овочеві. Визначення рН. (EN 1132:1994 IDT). Київ, 2005. 10 с.
16. ДСТУ EN 12147:2003. Соки фруктові та овочеві. Визначення титрованої кислотності. Київ, 2004. 10 с.
17. ДСТУ ISO 5520:2007 Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення лужності загальної та водорозчинної золи (ISO 5520:1981, IDT) Київ, 2008. 8 с.
18. ДСТУ ISO 6557-2:2014. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Визначання вмісту аскорбінової кислоти. Частина 2. Практичні методи. Київ, 2005. 10 с.
19. ДСТУ ISO 6558-2:2004. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Визначання вмісту каротину. Частина 2. Стандартні методи. Київ, 2005. 10 с.
20. ДСТУ 8449:2015. Продукти харчові консервовані. Методи визначення органолептичних показників, маси нетто чи об'єму та масової частки складових частин. Київ, 2015. 13 с.

EFFECT OF WATER THERMAL TREATMENT
PARAMETERS OF FLAX SEEDS ON THE TRANSFER
OF DRY MATTERS INTO THE WATER

T. Korzh, O. Suprun-Krestova, V. Kyrylyuk
National University of Food Technologies

Key words:

Flax seeds
Mucus
Flax polysaccharides
Water extraction

Article history:

Received 06.12.2019
Received in revised form
23.12.2019
Accepted 21.01.2020

Corresponding author:

O. Suprun-Krestova
E-mail:
elen.suprun@gmail.com

ABSTRACT

Usage of different natural components in products in order to increase their nutritional value is important trend in healthy diet today. World population has a great shortage of food as well. Rational usage of raw materials is the way to solve problem of nutritional deficiency. Thus, deep investigation of raw materials' properties in order to wider usage their potential is actual task.

The flax supplies valuable products of two types — fiber and seeds. Due to the rich chemical composition — fibers, fatty acids of $\omega 3$, $\omega 6$ and $\omega 9$, mineral substances, tocopherol, essential amino-acids, antioxidants, lignin and polysaccharides (mucus) — flax seeds have a lot of benefits. In particular, vitamin of B group (especially B1) is very important for carbohydrates metabolism as human body unable to consume sugars without sufficient amount of vitamin B1. The lignans (“plant hormones”) are important component in flax seeds as they provide antibacterial and antivirus effect.

Deep investigation of technological properties of flax seeds as valuable food ingredient is presented in the paper as flax seeds potential is not used enough today. Parameters of water thermal treatment of flax seeds — temperature of water, water consumption and exposure of extracting process — in order to release polysaccharides that have positive impact on human body but not enough studied have been determined.

Results showed that increasing temperature of water and duration of extracting lead to higher transfer of dry matters (mucus) of flax into the water. Influence of temperature on the transfer of dry matters is nearly twice higher than effect of extraction duration. Combination of impact of both factors provides the maximum (synergic) effect on the transfer of dry matters of flax to the water. Hydromodulus in ratio of 1:10—1:25 has no perceptible effect on transfer of dry matters into water. The optimal parameters have been determined: temperature of water – 85—95°C, exposure of infusion during repetitive stirring is 125—145 min (2—2.5 hours), recommended hydromodulus is 1:15—20.

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ВОДОТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ НА ПЕРЕХІД СУХИХ РЕЧОВИН У ВОДУ

Т. В. Корж, О. Ю. Супрун-Крестова, В. В. Кирилюк

Національний університет харчових технологій

Важливою тенденцією сьогодення в організації здорового харчування є використання різних природних компонентів у складі харчових продуктів з метою підвищення їх харчової цінності. Крім того, у світі спостерігається дефіцит продуктів харчування. Один із шляхів вирішення проблеми дефіциту харчування — раціональне використання сировини, тому сьогодні актуальним є більш глибоке вивчення властивостей сировини з метою ширшого використання її потенціалу.

Така олійна культура, як льон дає два дуже цінних продукти — волокно та насіння. Корисні властивості насіння цієї рослини різноманітні завдяки багатому хімічному складу: клітковина, жирні кислоти омега-3, омега-6, омега-9, мінеральні речовини, вітамін Е, незамінні амінокислоти, антиоксиданти, лігніни, полісахариди (слизі). Багатий льон і вітамінами групи В (особливо В₁), що дуже важливо для вуглеводного обміну в організмі людини, оскільки без достатньої кількості вітаміну В₁ наш організм нездатний повноцінно засвоювати цукри. Важливим компонентом в насінні льону є лігнани («рослинні гормони»), які мають антибактеріальну й антивірусну дію.

У статті проаналізовано технологічні властивості насіння льону як цінного харчового компонента, оскільки потенціал насіння льону на сьогодні недостатньо повно використовується. Визначено вплив параметрів водотеплового оброблення насіння льону-довгунця (температури води, витрати води та експозиції процесу екстрагування) з метою виділення його полісахаридів, які мають позитивний вплив на організм людини, хоча їхні технологічні властивості ще мало вивчені.

За результатами дослідження встановлено, що підвищення температури води й тривалості екстрагування сприяє зростанню переходу сухих речовин (слизів) льону у воду. Сила впливу температури на перехід сухих речовин приблизно в 2 рази вища, ніж сила впливу тривалості екстрагування. Сумарний вплив обох факторів забезпечує максимальний (синергічний) ефект переходу сухих речовин льону у воду. Гідромодуль у діапазоні 1:10—1:25 практично не впливає на результат переходу сухих речовин у воду. Вибрані оптимальні параметри процесу: температура води — 85—95°C, експозиція настоювання при періодичному збовтуванні — 125—145 хв (2—2,5 год), рекомендований гідромодуль — 1:15—20.

Ключові слова: насіння льону, слизі, полісахариди льону, водна екстракція.

Постановка проблеми. Важливою тенденцією сьогодення в організації здорового харчування є використання різних природних компонентів у складі харчових продуктів з метою підвищення їхньої харчової цінності. Насіння льону і продукти із нього можуть бути саме таким цінним компонентом харчових продуктів.

Льон дає два дуже цінних продукти — волокно та насіння. Ще в далекому кам'яному віці насіння льону вживали в їжу, а як лікувальний засіб його першим відкрив Гіппократ. Він застосовував відвар з насіння при шлунково-кишкових хворобах. В часи Київської Русі була встановлена бактерицидна дія насіння і його застосовувати як засіб пом'якшення й очищення шкіри. Корисні властивості цієї рослини різноманітні завдяки багатому хімічному складу: клітковина, жирні кислоти омега-3, омега-6, омега-9, мінеральні речовини, вітамін Е, незамінні амінокислоти, антиоксиданти, лігніни, полісахариди (слизі). Багатий льон і вітамінами групи В (особливо В₁), що є дуже важливо для вуглеводного обміну в організмі людини, оскільки без достатньої кількості вітаміну В₁ наш організм нездатний повноцінно засвоювати цукри. Важливим компонентом в насінні льону є лігнани («рослинні гормони»), які мають антибактеріальну й антивірусну дію [1].

З огляду на це у ряді країн (Німеччина, Канада, Україна тощо) насіння льону застосовують як важливий компонент, що входить до рецептури хлібобулочних та кондитерських виробів і підвищує їхню харчову цінність [1; 2].

На жаль, у світі спостерігається великий дефіцит продуктів харчування. Один із шляхів вирішення проблеми дефіциту харчування є раціональне використання сировини, тому сьогодні актуальним є більш глибоке вивчення властивостей сировини з метою ширшого використання її потенціалу.

Поглиблене вивчення технологічних властивостей насіння льону як цінного харчового компонента є питанням актуальним. Потенціал насіння льону на сьогодні недостатньо повно використовується і тому важливо дослідити окремі його складові, які можуть мати своє важливе застосування. Одним із таких компонентів є його полісахариди, які мають позитивний вплив на організм і ще мало вивчені.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками все більше уваги приділяється науковим дослідженням і розробленню способів поглибленого перероблення рослинної сировини з підвищеним вмістом біологічно активних речовин. Згідно з аналізом літературних джерел [5—10] насіння льону характеризується високим вмістом полісахаридів, які здатні переходити у його водний екстракт.

Полісахариди широко представлені в групі вуглеводів, велика кількість яких міститься і в насінні льону — 9—12% від маси його сухих речовин. Традиційно біологічно активні полісахариди класифікують за їх фізичними властивостями на камеді, слизи і пектинові речовини без урахування хімічної структури. Наявність слизів на оболонці насінини є характерною ознакою льону і дає змогу краще закріпитись їй на ґрунті при проростанні. Слизі — це суміші гомо- і гетерополісахаридів та поліуронідів. Вони легко набухають у

воді, утворюючи в'язкі маси. Володіють обволікаючими і пом'якшуючими властивостями, місцево зменшують подразнюючу дію різних речовин, особливо це важливо при запальних і виразкових процесах слизових оболонок у шлунково-кишковому тракті [3—7].

Полісахариди широко застосовуються в різних галузях промисловості: хімічній, харчовій, в медицині тощо. У медицині слизі широко використовують для виготовлення оболонки таблеток, які мають ряд переваг — зменшують побічні ефекти, сприяють зниженню дози препарату, доставці його в неушкодженій формі до потрібної ділянки ураження [7; 9].

Рослинні полісахариди відносять до харчових волокон. Вживання рослинних волокон викликає такі фармакологічні ефекти: пригнічення апетиту та підвищення відчуття ситості; зниження потреби в енергії; нормалізація моторної функції кишечника; уповільнення росту гнильних мікробів; нормалізація кишкової мікрофлори; зниження ступеня всмоктування жиру в тонкому кишечнику; зниження рівня холестерину в крові; позитивний вплив на обмін вітамінів і ліпідів у системі кишково-печінкової циркуляції. Завдяки цьому знижується ризик хронічних запорів, геморою, апендициту, раку товстої кишки, розвитку жовчнокам'яної хвороби, ожиріння, ішемічної хвороби серця, гіпертонічної хвороби, цукрового діабету [6—10].

У харчовій промисловості полісахариди використовують як гелеутворювачі, згущувачі, стабілізатори водно-жирових емульсій тощо. Їм надано «Е» кодифікацію, а саме: пектини — E440, крохмалі — E1400, целюлоза і її похідні — E460 та E469.

Слиз насіння льону належить до пребіотиків. Пребіотики (харчові волокна) мають численні фізіологічні ефекти і відіграють важливе значення у функціонуванні організму [6—10].

В Україні здавна вирощують льон для отримання цінного волокна. Внаслідок цього виробництва в країні є достатня кількість такої цінної сировини, як насіння льону-довгунця.

Метою статті є вивчення властивостей насіння льону-довгунця, зокрема умов екстрагування його полісахаридів.

Матеріали і методи. В процесі дослідження впливу ряду параметрів на процес екстрагування полісахаридів насіння льону використовували як екстрагент — водопровідну воду, оскільки з літературних джерел відомо, що полісахариди (слизі) льону є водорозчинними, а вода — це найдешевший природний екстрагент для отримання продукту харчового призначення.

Для вибору факторів, які впливають на процес екстрагування, було проведено аналіз системи — процес екстрагування водою полісахаридів із насіння льону за параметричною схемою.

Як фактори, які впливають на процес, вибрано: витрату води (кількість води) — $G_{\text{води}}$, см³; температуру води — $t_{\text{води}}$, °C; тривалість екстрагування — τ , хв. Оцінювали ефективність екстрагування за кількістю сухих речовин, які перейшли в екстракт із 100 г льону в перерахунку на сухі речовини ($U_{\text{ср}}$, %) (рис. 1).

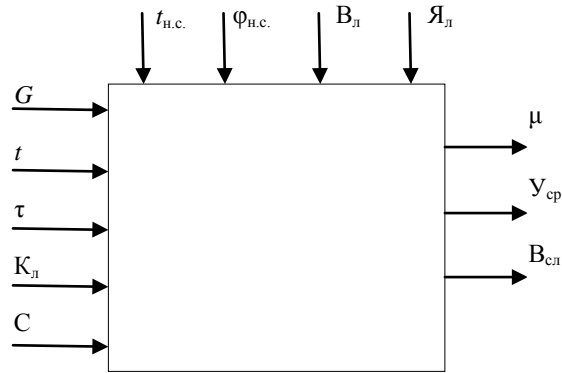


Рис. 1. Параметрична схема процесу водного екстрагування полісахаридів насіння

льону, G — кількість води для екстрагування, см³; t — температура води, °С;
 τ — тривалість настоювання, хв; $K_{\text{л}}$ — кількість льону, г; C — співвідношення води і льону; $t_{\text{н.с.}}$ — температура навколишнього середовища °С; $\phi_{\text{н.с.}}$ — відносна вологість, %;
 $V_{\text{л}}$ — вид льону; $Y_{\text{л}}$ — якість льону; μ — в'язкість, мм²/с; $U_{\text{ср}}$ — сухі речовини льону, %;
 $V_{\text{сл}}$ — вихід слизів, %

Для постановки експерименту необхідно, крім факторів, вибрати інтервали їх варіювання. На основі пробних дослідів вибрали такі значення для всіх факторів впливу (табл. 1).

Таблиця 1. Значення досліджуваних факторів впливу на процес екстрагування насіння льону

Назва	Фактори, які визначають вплив на процес		
	$X_1 (G_{\text{води}})$, см ³	$X_2 (t_{\text{води}})$, °С	$X_3 (\tau)$, хв
Верхній рівень	500	100	180
Нижній рівень	175	50	30

Для постановки оптимізаційного експерименту та статистичної обробки результатів досліджень процесу водного екстрагування використали відомий метод повного факторного експерименту для трьох факторів (план 2³), а для вибору оптимальних параметрів процесу — градієнтний метод Бокса-Уїлсона [11].

Для виділення слизів, які необхідні для подальших досліджень, в конічну колбу брали наважки насіння льону в кількості 20 г і заливали водою вибраного об'єму (175 см³ та 500 см³) та при заданій температурі (50°С та 100°С). Перемішували та ставили зразок у термостат, збовтуючи кожні 10—20 хв. Тривалість експозиції залежала від вибраного експериментом часу (30 хв або 180 хв).

Із зразків, після виділення слизу, відбирали по 20 см³ витяжки для визначення сухих речовин. Витяжку поміщали у попередньо висушені та зважені з точністю до 0,0001 г чашки. Витяжку випарювали на водяній бані. Після випарювання вологі чашки із зразками поміщали у сушильну шафу СЕШ,

висушували їх до постійної маси при температурі 105°C. Масову частку сухих речовин слизів (%) розраховували за формулою:

$$X = \frac{a \cdot V \cdot 100 \cdot 100}{20 \cdot m \cdot (100 - W)} \quad (1)$$

де a — маса витяжки після сушіння, г; V — об'єм води для виділення слизів, см³; 100 — перерахунок на 100 г льону; m — маса наважки насіння льону, взята для визначення сухих речовин, г; 100/(100– W) — перерахунок на 100 г абсолютно сухих речовин; W — вологість насіння льону, %

Результати і обговорення. За результатами поставленого експерименту отримано значення сухих речовин слизів, виділених із насіння льону-довгунця, які наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Результати дослідження впливу кількості води, температури і тривалості екстрагування на перехід сухих речовин у воду

№ дослідю	Вплив факторів			Вихід полісахаридів, % до маси СР льону	Відносний вихід полісахаридів, %
	$G_{\text{води}}$, см ³ (насіння льону: кількість води)	$t_{\text{води}}$, °C	τ , хв		
1	2	3	4	5	6
Вплив температури на вихід полісахаридів					
1.1	500 (1:25)	50	30	3,93	101,0
		100		7,90	
		50	180	5,57	111,3
		100		11,77	
Вплив тривалості настоювання на вихід полісахаридів					
1.2	500 (1:25)	50	30	3,93	41,7
			180	5,57	
		100	30	7,90	50,0
			180	11,77	
Вплив температури та тривалості настоювання на вихід полісахаридів					
1.3	500 (1:25)	50	30	3,93	199,5
		100	180	11,77	
Вплив температури на вихід полісахаридів					
2.1	175 (1:8,75)	50	30	3,73	76,1
		100		6,57	
		50	180	4,87	138,8
		100		11,63	
Вплив тривалості настоювання на вихід полісахаридів					
2.2	175 (1:8,75)	50	30	3,73	30,6
			180	4,87	
		100	30	6,57	77,0
			180	11,63	
Вплив температури та тривалості настоювання на вихід полісахаридів					
2.3	175 (1:8,75)	50	30	3,73	211,8
		100	180	11,63	

1	2	3	4	5	6
Вплив кількості води, температури і тривалості настоювання на вихід полісахаридів					
3	175 (1:8,75)	50	30	3,73	215,5
	500 (1:25)	100	180	11,77	

Кількість води, використаної для екстрагування, становила 175 см³ та 500 см³. Якщо проаналізувати вплив температури на вихід полісахаридів, то при кількості води 175 см³ і тривалості екстрагування 30 хв вона становить 76,1%, тоді як при тривалості екстрагування 180 хв вихід полісахаридів вищий і становить, відповідно, 138,8%. При використанні об'єму води в кількості 500 см³ залежність ефективності процесу від вказаних факторів зберігається, але порівняно з попереднім варіантом для температури 50°C і тривалості екстрагування 30 хв вища і становить, відповідно, 101%, тоді як для температури 100°C і тривалості настоювання 180 хв вона становить 111,3%, тобто приріст переходу сухих речовин у другому випадку становить 10,3% проти 62,7% для попереднього варіанту. Це означає, що при підвищенні температури та збільшенні тривалості екстрагування ефективність процесу має тенденцію до вирівнювання, або згладжування. Той самий ефект можна спостерігати при аналізі впливу тривалості настоювання на вихід полісахаридів — ефективність процесу при кількості води 175 см³ становить 30,6% та 77,0% проти 41,7% та 50% при кількості води в 500 см³. Тут можна відмітити ще те, що сила впливу температури, порівняно із впливом тривалості настоювання на процес, вища. Якщо ж порівняти ефективність процесу від комбінації мінімальних значень параметрів процесу і комбінації їх максимальних значень для кількості води 175 см³ та 500 см³, то значення приросту полісахаридів становить, відповідно, 211,8% та 199,5%. Якщо ж порівняти цей результат з оцінкою ефективності дії всіх трьох мінімальних проти трьох максимальних значень факторів, то цей результат близький і становить 215,5%. Це означає, що сумарний вплив обох параметрів при високих режимах процесу мало залежить від кількості води.

Кількість води (гідромодуль), використаної при екстрагуванні слизів із насіння льону, як видно з отриманих результатів, практично не впливає на кінцевий результат.

Для вибору оптимальних значень процесу екстрагування слизів із насіння льону необхідно було отримати математичну модель процесу. За результатами досліджень, поставлених за планом 2³ і наведених в табл. 3, проведено оцінку однорідності дисперсії за критерієм Кохрена. Дисперсія однорідна, оскільки розрахункове значення критерію менше за табличне (0,3019 < 0,8159).

Після розрахунку коефіцієнтів отримали рівняння регресії такого вигляду:

$$y = 7,0 + 0,3x_1 + 2,47x_2 + 1,46x_3 + 0,07x_1x_2 - 0,08x_1x_3 + 0,78x_2x_3 - 0,21x_1x_2x_3. \quad (2)$$

У результаті статистичної обробки результатів експерименту встановлено, що суттєвими є коефіцієнти b₀, b₂ та b₃. Коефіцієнт при факторі x₁ виявився незначимим. Це означає, що за цим фактором нульовий рівень збігається із

зоною оптимуму. Проведено перевірку адекватності рівняння регресії за критерієм Фішера. А адекватне рівняння має вигляд:

$$y = 7,0 + 2,4x_2 + 1,46x_3 \quad (3)$$

Таблиця 3. Матриця експерименту за планом 2³ і результати його реалізації

№ досліду	Рівні факторів			Значення критерію оптимальності (Y _{сп}), %			Середнє значення
	X ₁ (G _{води}), см ³	X ₂ (t _{води}), °C	X ₃ (τ), хв	У досліді			
				1	2	3	
1	+	—	—	6,9	2,4	2,5	3,93
2	—	—	—	4,5	4,0	2,7	3,73
3	+	+	—	13,0	5,7	5,0	7,90
4	—	+	—	11,1	4,4	4,2	6,57
5	+	—	+	9,2	4,6	2,9	5,57
6	—	—	+	6,9	3,9	3,8	4,87
7	+	+	+	14,7	11,0	9,6	11,77
8	—	+	+	13,0	11,8	10,3	11,63

На основі цього рівняння побудовано програму «крутого сходження» і поставлено екстремальний експеримент, результати якого наведені в табл. 4.

Таблиця 4. План екстремального експерименту

№ досліду	Значення факторів			Середнє значення критерію оптимальності (Y _{сп}), %
	X ₁ (G _{H2O} , см ³)	X ₂ (t _{H2O} , °C)	X ₃ (τ, хв)	
9	350	55	65	3,6
10	350	65	85	3,9
11	350	75	105	8,4
12	350	85	125	15,2
13	350	95	145	14,8
14	350	100	165	12,4

За результатами цього експерименту можна зробити висновок, що параметри 12 досліді визначають оптимальні значення процесу екстрагування полісахариду із льону. Необхідно відмітити, що значення виходу процесу для досліді 13 теж досить непогані та близькі до оптимуму, тобто можна говорити про певну оптимальну зону, яка окреслюється параметрами досліді 12 та 13, а саме: кількість води — 350 см³ (або гідромодуль становить 1:15—20), температура води 85—95°C та експозиція настоювання при періодичному збовтуванні становить 125—145 хв (2—2,5 год).

Висновки

Підвищення температури води й тривалості екстрагування сприяє зростанню переходу сухих речовин (слизів) льону у воду. Сила впливу температури на перехід сухих речовин приблизно вдвічі вища, ніж сила впливу тривалості екстрагування. Сумарний вплив обох факторів забезпечує максимальний (синергічний) ефект переходу сухих речовин льону у воду. Гідромодуль в

діапазоні 1:10—1:25 практично не впливає на результат переходу сухих речовин у воду. Оптимальними параметрами процесу є такі їх значення: температура води — 85—95°C, експозиція настоювання при періодичному збовтуванні — 125—145 хв (2—2,5 год), рекомендований гідромодуль — 1:15—20.

Подальші дослідження будуть стосуватись визначення технологічних властивостей самих полісахаридів для окремого їх використання в харчовій промисловості та медицині, оскільки слиз насіння льону належить до пребіотиків.

Література

1. Живетин В. В., Гинзбург Л. Н., Ольшанская О. М. Лен и его комплексное использование. М.: Информ-Знание, 2002. 394 с.
2. Пашенко Л. П., Прохорова А. С., Кобцева Я. Ю., Никитин И. А. Характеристика семян льна и их применение в производстве продуктов питания. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2004. № 7. С. 56—57.
3. Іваненко Ф. В., Сінченко В. М. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції. К.: КНЕУ, 2005. 221 с.
4. Сай В. А. Технологія вирощування, збирання та первинної переробки льону олійного. Луцьк: ЛНТУ, 2012. 168 с.
5. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи Принт, 2002. 236 с.
6. Дробот В. И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности. К.: Урожай, 1988. 152 с.
7. Фармацевтична енциклопедія. Полісахариди. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/890/polisaxaridi>.
8. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений. Т.1. М., 1986. 356 с.
9. Полумбрик М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини. К.: Академперіодика, 2011. 487 с.
10. Некрохмальні полісахариди. URL: <https://helpiks.org/8-30205.html>.
11. Остапчук М. В., Станкевич Г. М. Математичне моделювання на ЕОМ: Підручник. Одеса: Друк, 2006. 313 с.

IMPROVEMENT OF BEER TECHNOLOGY DUE TO THE
USE OF THE SPICY-AROMATIC PLANT RAW MATERIAL

Z. Romanova, S. Loyko, M. Romanov

National University of Food Technologies

Key words:

*Stability of beer,
Viburnum,
Ginger,
Dogwood,
Oxidation,
Aging of beer,
Tannins,
Organoleptic evaluation,
Turbidity of beer*

Article history:

Received 03.12.2019
Received in revised form
19.12.2019
Accepted 13.01.2020

Corresponding author:

Z. Romanova

E-mail:

pani.zoriana@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of the work is to improve the technology of beer that will be resistant to colloidal opacities. Selection of vegetable raw materials, the dose of application at different stages of the technological process was carried. Changes in the extractability of the wort during the fermentation process, the total nitrogen content of the samples when using the raw materials, the physicochemical parameters of beer quality with the addition of various antioxidants were investigated.

The influence of non-traditional raw materials, namely dogwood, ginger and viburnum, sea buckthorn on the course of the brewing process of beer wort and finished beer was investigated and it was determined that the stage of cooking wort, namely boiling wort with hops, is the optimal stage for introducing non-traditional raw materials.

Oxygen control at the stage of boiling is important because oxygen can additionally affect the acidic yeast taste that occurs when beer is aged as a result of the formation of substances that affect the aroma and taste of beer, and increasing the content of antioxidants through the introduction of herbal supplements will prevent the oxidation process. Samples of wort with ginger and viburnum during the boiling process with hops have shown the best results of fermentation of sugars, this may indicate that these additives contain micronutrients that make yeast to be more active. Beer stabilized by the addition of viburnum was found to be the best sample.

This sample of beer has the lowest content of tannins, indicating the lowest amount of protein capable to cause turbidity during storage. It was proved that the use of herbal spicy-aromatic raw materials has a positive effect on the organoleptic and physicochemical parameters of the finished beer. The beer sample was obtained using the tested raw materials has the best stability, the physicochemical and organoleptic characteristics of the obtained beer meet regulatory requirements.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПИВА ЗАВДЯКИ ВИКОРИСТАННЮ ПРЯНО-АРОМАТИЧНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

З. М. Романова, С. М. Лойко, М. С. Романов

Національний університет харчових технологій

У статті розроблено технологію пива, стійкого до колоїдних помутнінь. Здійснено підбір рослинної сировини, визначено дозу її внесення на різних етапах технологічного процесу. Досліджено зміну екстрактивності сусла під час процесу бродіння і доброджування, вміст загального азоту у зразках при використанні досліджуваної сировини, фізико-хімічні показники якості пива з добавками різних антиоксидантів, а також вплив нетрадиційної сировини (кизилу, імбиру, калини та обліпихи) на перебіг технологічного процесу приготування пивного сусла і готового пива. Визначено, що оптимальною стадією для внесення нетрадиційної сировини є етап приготування сусла, зокрема кип'ятіння сусла з хмелем. Контроль кисню на стадії кип'ятіння є важливим, бо кисень може додатково вплинути на утворення кислого дріжджового смаку, що виникає при старінні пива в результаті утворення речовин, які впливають на аромат і смак пива, а зростання вмісту антиоксидантів за рахунок внесення рослинних добавок запобігатиме процесу окислення.

Зразки сусла, до яких під час процесу кип'ятіння сусла з хмелем було додано імбир і калину, продемонстрували найкращі результати зі зброджування цукрів. Це може свідчити про те, що добавки, додані на стадії кип'ятіння сусла, місять мікроелементи, які стимулюють дріжджі та роблять їх більш активними. Встановлено, що кращим зразком є пиво, стабілізоване шляхом добавки калини. Цей зразок пива має найнижчий таніновий показник, що вказує на найменшу кількість білків, здатних до утворення помутнінь у ньому в процесі зберігання. Доведено, що застосування рослинної пряно-ароматичної сировини позитивно впливає на органолептичні і фізико-хімічні показники готового пива. Зразок пива, отриманий з використанням досліджуваної сировини, має кращі показники стійкості, фізико-хімічні й органолептичні показники одержаного пива відповідають нормативним вимогам.

Ключові слова: *стійкість пива, калина, імбир, кизил, окиснення, старіння пива, дубильні речовини, органолептична оцінка, мутність пива.*

Постановка проблеми. Серед багатьох хімічних процесів, які призводять до погіршення якості харчових продуктів, виділяють окислювальні процеси, що сприяють «старінню» пива. Процеси окисного старіння починаються не тільки при зберіганні напою, вони супроводжують напій під час усієї технологічної схеми приготування. Наслідком таких процесів є накопичення широкого спектра речовин, які негативно впливають на смак і аромат напою [1; 2].

Дослідники вважають, що кисень під час усіх стадій виробництва пива погано діє на кінцевий смак і стабільність продукту, особливо для легких сортів пива низового бродіння. Причому роль кисню на різних технологічних етапах різна.

Смак, що виникає у пиві при його старінні, надають насамперед карбонільні сполуки, які в невеликих концентраціях сильно впливають і на аромат. При цьому кисень може додатково вплинути на утворення смаку, який виникає при старінні пива в результаті утворення важливих, з точки зору старіння, речовин, що впливають на аромат пива; утворення «попередників» цих речовин; зменшення вмісту антиоксидантів, в результаті чого пізніше кисень може призвести до процесу окислювальних реакцій [6; 11].

До реакцій «старіння» пива можна віднести багато окисних процесів. Однак головний внесок у формування смаку й аромату пива, яке «постаріло», роблять процеси окислення вищих спиртів, окислювальний розпад ізогумулонів, реакція Маєра і розпад за Штреккером, автоокислення жирних кислот, ферментативний розпад жирних кислот, фотоокислення жирних кислот, вторинне автоокислення альдегідів тощо. Умовно ці процеси можна розділити на процеси ферментативного і неферментативного окислення. Велика частина з перерахованих вище реакцій відбувається за участі вільних радикалів, утворення яких посилюється під впливом кисню [7].

Унаслідок окислювальних процесів, а також інших несприятливих факторів, таких як підвищення температури зберігання і дії світла, існує ризик виникнення колоїдних помутнень. Помутніння пива супроводжується погіршенням його смаку і пінистих властивостей.

При «старінні» пива відбувається зростання вмісту багатьох летких сполук, зокрема високомолекулярних, частково ненасичених карбонільних сполук. Деякі фахівці вважають основною причиною утворення смаку «старіння» саме їх [1; 6; 7].

Колоїдні помутніння виникають при «старінні» колоїдів. Їх поява пов'язана зі збільшенням розмірів частинок через зіштовхування окремих ліофільних солей, що знаходяться у безперервному броунівському русі. Крім того, внаслідок втрати заряду і дегідратації деяких колоїдних сполук відбувається взаємодія різнозаряджених компонентів і утворюється каламуть [6; 7].

Колоїдну стійкість пива можна підвищити двома шляхами: технологічними прийомами та стабілізацією складу суслу, молодого і готового пива. Впливати на колоїдну стійкість пива певною мірою можна, регулюючи параметри отримання суслу та його зброджування. Важливою також є стабілізаційна витримка перед фільтрацією пива, яка повинна тривати протягом шести днів за температури $-2-0$ °C. Ця витримка зумовлює виділення частинок холодної каламуті [7].

Під час усіх процесів у цехах ферментації і розливу потрібно обов'язково уникати контакту готового пива з металічними частинами апаратів, окрім нержавіючої сталі, а також контакту з киснем. При недотриманні цих умов у пиві будуть відбуватися окислювальні процеси, що негативно вплинуть на стабільність готового напою.

Разом з тим суттєво підвищити колоїдну стійкість пива можна лише за допомогою спеціальних прийомів обробки суслу та пива. На основі аналітичного огляду визначено негативну роль кисню на кожному етапі виготовлення пива,

тому намагаються провести процес так, щоб захистити всі компоненти суслу та пива від контакту з киснем або загальмувати процес їх окиснення [7; 8].

Підвищення стійкості пива до різноманітних помутнень, звичайно, залежить від технологічних режимів його приготування. Проте підвищити цей показник дає змогу також використання спеціальних стабілізуючих засобів (полівінілполіпірролідон (ПВПП), силікагелі).

Для запобігання колоїдному помутнінню пива необхідно гідролізувати полімери, що входять до складу колоїдних частинок. Більшість ферментативних способів стабілізації засновано на застосуванні протеолітичних ферментів, тобто на розщепленні білкової складової колоїдних частинок. Поряд з цим використовуються препарати амілаз, глюканаз, целюлаз. За кордоном як протеазу широко застосовують папаїн, на основі якого створені різні комерційні препарати для стабілізації пива. Крім папаїну, застосовується бромелаїн, фіцін, пепсин. У вітчизняній практиці пиво стабілізують за допомогою мікробних ферментних препаратів протосубтиліну, амілоризину, пектофоеїдину, целлолігнорину тощо [6; 7].

Протягом останніх п'ятдесяти років була помітна тенденція до збільшення використання синтетичних добавок, проте споживач все більше схиляється до «натуральності» пива. Задовольнити потреби споживачів і збільшити стабільність пива допомагають спеціальні добавки, які виробляють з натуральної сировини екстрагуванням високочистих танінів. Прикладом такого препарату є продукт бельгійської компанії Ajinomoto Specialites під назвою Brewtan [15].

Цікавою альтернативою є використання рослинної сировини для підвищення колоїдної стійкості пива. Основними рослинами, що набувають популярності в наукових колах, є ті, які у своєму складі містять ароматичні, дубильні речовини, ефірні масла, флавоноїди тощо. Перспективною рослинною сировиною в пивоварінні залишається чорний і зелений чай. Завдяки тому, що чайний лист дуже багатий на антиоксиданти, є можливість використання екстрактів чайного листа для підвищення антиоксидантних властивостей пива, а також фізико-хімічної стабільності готового напою [9; 11].

Дикорослі плоди та ягоди є багатим джерелом вітамінів, мінеральних сполук, органічних кислот, макронутрієнтів тощо. Їхня цінність як лікарської та харчової сировини визначається комплексом біологічно активних речовин, зокрема їх якісним і кількісним складом, синергізмом дії та високим ступенем засвоєння живим організмом. Включення фітоекстрактів до складу харчових продуктів, особливо позбавлених вираженого смаку, запаху і кольору, значно поліпшують їхні органолептичні показники за рахунок природних барвників та ефірних олій. Наявність антиоксидантів, фітонцидів, ряду органічних кислот у фітокомпозиціях сприяє подовженню термінів зберігання напоїв [5].

Введення натуральних екстрактів або висушеної плодово-ягідної сировини на різних технологічних стадіях приготування пива дає змогу не тільки покращити його здатність протистояти утворенню помутнень у процесі зберігання, а й розширити асортимент за рахунок створення продукту з новими органолептичними якостями [4; 5].

Мета дослідження: узагальнення наявної на теперішній час інформації про підвищення стійкості пива, дослідження складу нетрадиційної сировини з вибором найбільш оптимальної за поліфенольним складом для подовження терміну придатності пива.

Матеріали і методи. У процесі дослідження використано нормативну документацію та відповідні методики згідно з нормативними документами [8]. Зразки досліджували на вміст амінного азоту в суслі; вміст сухих речовин (стежили за динамікою зброджування); рН і титровану кислотність; вміст фенольних компонентів.

Викладення основних результатів дослідження. Проблема підвищення терміну придатності пива за рахунок збільшення його стійкості в процесі зберігання є однією з найактуальніших при виробництві пива. Покращення показників стійкості готового продукту в процесі зберігання робить його більш конкурентоспроможним. Тож першочерговим завданням є підбір рослинної сировини, яка не тільки покращить споживацькі властивості пива,

Розглянуто проблему підвищення стійкості пива під час його зберігання. Досліджено вплив антиоксидантів і дубильних речовин, кизику, імбиру і калини на перебіг технологічного процесу приготування пива та визначено його оптимальну стадію для внесення нетрадиційної сировини. Показано, що застосування рослинної пряно-ароматичної сировини позитивно впливає на органолептичні і фізико-хімічні показники готового пива.

Натепер активно вивчається антиоксидантна активність (АОА) рослинних екстрактів. Екстракти з трави м'яти, листя підбілу, плодів горобини, трави чебрецю і звіробою, отримані згідно з ТУ У 18.483-98, вже тестувалися на пиві. Було встановлено, що їх введення у технологічну схему виготовлення напою не тільки підвищує смакову стабільність готового напою, а також позитивно впливає на збереження гірких речовин хмелю, які містяться у кінцевому продукті [17; 18].

Проведені на кафедрі біотехнології продуктів бродіння та виноробства Національного університету харчових технологій дослідження параметрів якості пива з використанням пряно-ароматичної сировини свідчать про позитивний вплив сумішей імбиру та гвоздики, а також імбиру, гвоздики та коріандру. Використання нетрадиційної сировини в процесі виробництва пива дає змогу не тільки розширити асортимент, а й збагатити напій біологічно активними речовинами, макро- та мікроелементами [2; 18].

У процесі виробництва пива допускається використання як несолоджених матеріалів, так і харчових продуктів і матеріалів, дозволених органами охорони здоров'я України, чинною нормативною документацією [8].

У таких країнах, як Бельгія, США, Аргентина, Бразилія також дозволена заміна солоду несолодженим матеріалом, однак можна використовувати не більше 20% несолоджених матеріалів. У Китаї, Росії, Канаді та Великій Британії відсутні обмеження, в той час як у Німеччині відповідно до закону «Про чистоту пива» не дозволяється використовувати несолоджені матеріали [13; 14]. При формуванні товарної пропозиції на споживчому ринку виробник пивоварної продукції має право використовувати як традиційну, так і нетрадиційну сировину.

Імбир, як і інші лікарські рослини, містить дуже складну суміш компонентів, серед яких бета-каротин, капсаїцин, кофеїнова кислота, куркумін. Крім цього, до складу імбиру входить багато амінокислот, а також вітаміни С, В₁, В₂, А. Імбир належить до рослин, що стимулюють процеси обміну речовин, перешкоджає злипанню тромбоцитів, чим знижує ризик виникнення інфаркту. Може використовуватися при запальних процесах, для профілактики і лікування мігрені. Пряний, терпкий аромат імбиру зумовлений наявністю в ньому ефірної олії (1,2—3%), а його пекучий смак залежить від наявності фенольних сполук типу гінгеролу. Оскільки до його складу входить велика кількість біологічно активних речовин, імбир має високу антиоксидантну активність. Завдяки цьому останнім часом він є об'єктом досліджень багатьох вчених [2; 5].

Плоди кизилу багаті аскорбіновою кислотою (в 100 г — 88,6% добової норми), містять досить багато фолієвої кислоти (відповідно — 12,5%); макро- і мікроелементів: бору (85,1%), заліза (82%), марганцю (27,7%), заліза (27,3%), молібдену (21,4%), калію (14,5%), кремнію (13,3%), кобальту (10,0%). Кизил відрізняється відносно високим вмістом фітостеролів (18,7%), моно- і дисахаридів (18,0%), серед яких домінує глюкоза (в 100 г — 14,4% добової норми), а також пектину (13%); не містять сахарози, містять невелику кількість крохмалю (в 100 г — 0,1 г) [3].

Речовини кизилу звичайного можуть спричиняти антиоксидантний ефект (флавоноїди). Завдяки дубильним речовинам кизил володіє в'язучими властивостями, що, у свою чергу, має стати запорукою зменшення кількості білків — попередників колоїдних помутнінь.

Встановлено антиокислювальну активність плодів кизилу за здатністю відновлювати іони заліза на 100 г сухої маси, яка в перерахунку на аскорбінову кислоту змінювалася в діапазоні 41—149 мкМоль, вміст антоціанів у перерахунку на ціанідан-3-глікозидит становить від 1,3 до 223 мг-еквівалента, у той час як вміст фенольних сполук змінювався у діапазоні 657—2611 мг-еквівалента (в перерахунку на галову кислоту). З'ясовано, що свіжі ягоди кизилу можуть бути джерелом антиоксидантів і використовуватися як харчова добавка [3; 5].

Хімічний склад калини звичайної дуже багатий на корисні речовини. Кора рослини містить ефірну олію, фітостерини, флавоноїди (вібурнін), спирт вібурніт, дубильні речовини, α - та β -амірин з похідними сполуками, близько 6% смоли, а також пальмітинову, мурашину, валеріанову, оцтову, лінолеву, олеїнову, ізовалеріанову, церотинову, капронову і каприлову кислоти. Плоди калини мають у складі цукор, флавоноїди (кемпферол, кверцетин, пеонозид, астрагалін), барвники, пектинові та дубильні речовини, біфлавоноїд аментофлавонол, β -каротин, вітамін С, ряд органічних кислот та мікроелементів. Квіти рослини також містять у своєму складі органічні кислоти, флавоноїди, ефірну олію та вітамін С [5].

Так, у складі ягід калини наявні вуглеводи (6—8 г), дубильні речовини (до 3%), органічні кислоти, пектини, ефірні масла, фітостерини, таніни, смоловидні ефіри, вібурнін, вітамін А (2,5 мг), вітамін Е (2 мг), вітамін С (до 82 мг), вітамін Р (300—500 мг), вітамін К, калій, магній, залізо, цинк та інші мікроелементи [5].

Речовини обліпіхи звичайної (*Hippophae rhamnoides*) зумовлюють антиоксидантний ефект продуктів (флавоноїди). Завдяки дубильним речовинам обліпіха має в'язучі властивості, що, як і кизил, має стати запорукою зменшення кількості білків — попередників колоїдних помутнень. Ягода містить до 3,5% цукрів, 2,6% — органічних кислот, 83,6—86,4% — жирної олії, 8,6—272,5 мг% — аскорбінової кислоти (вітаміну С), 0,9—10,9 мг% — каротину, 0,016—0,035 — вітаміну В₁, 0,1016—0,035 мг% тіаміну (тобто, вітаміну В₁) і 0,038—0,056 мг% рибофлавіну (вітамін В₂) [5]. З кори виділено серотонін — речовина, що має протипухлинну дію.

Отже, зважаючи на підвищений вміст антиоксидантів і дубильних речовин в описаній вище сировині (кизил, імбир, калина, обліпіха), її доцільно досліджувати з можливістю використання для підвищення стійкості пива, поліпшення його характеристик, а також задля розширення асортименту продукції зі створенням нових сортів.

Першим етапом дослідження стало проведення порівняльної фізико-хімічної характеристики різних видів пива (експериментальних зразків). Було досліджено пиво з додаванням таких видів сировини, як ягоди кизилу (зразок 2), корінь імбиру свіжий (зразок 3), плоди калини (зразок 4), плоди обліпіхи (зразок 5). Також підготовлено контрольний зразок (зразок 1) без додавання жодної пряно-ароматичної сировини. Пиво готували згідно з чинними нормативними документами, пивне сусло — екстрактивністю 11,8% [9]. Сировина з підвищеним вмістом антиоксидантів додавалася до досліджуваних зразків через 90 хв після початку кип'ятіння. Тривалість кип'ятіння склала 120 хв. Нетрадиційна сировина була задана у кількості 10 г/дм³. Після проведення процесу кип'ятіння охмелені зразки відстоювали для можливості вилучення білкового бруху. У подальшому охмелене сусло охолоджували, до нього були задані дріжджі нового бродіння Fermentis S-189. Наступні шість діб, під час бродіння експериментальних зразків досліджено якісний вплив доданої нетрадиційної сировини на перебіг цього процесу.

Динаміку зміни екстрактивності сусла під час бродіння наведено у табл. 1

Таблиця 1. Динаміка зміни екстрактивності сусла у процесі бродіння

Зразок \ Доба	Вміст сухих речовин, %		Зміна вмісту сухих речовин у процесі бродіння, %				
	до охмелення	після охмелення	2 доба	3 доба	4 доба	5 доба	6 доба
Контроль 1	11,8	12,0	11,8	9,9	7,5	6,0	5,2
Кизил 2	11,8	12,1	11,9	9,8	7,3	5,9	5,1
Імбир 3	11,8	12,1	11,8	9,6	7,2	5,7	4,8
Калина 4	11,8	12,1	11,7	9,6	7,4	5,6	4,8
Обліпіха 5	11,9	12,1	11,9	9,7	7,4	5,7	4,8

З табл. 1 видно, що зразки, до яких під час процесу кип'ятіння сусла з хмелем було додано імбир і калину, продемонстрували найкращі результати зі зброджування цукрів. Це може свідчити про те, що ці добавки, додані на стадії кип'ятіння сусла, місять мікроелементи, які стимулюють дріжджі та роблять їх більш активними. Ще однією причиною покращення зброджування

сусла дріжджами можна вважати кращу коагуляцію білка (табл. 2). Це, у свою чергу, викликано підвищеним вмістом поліфенольних речовин, що мають властивості утворювати нерозчинні комплекси з білковими речовинами і зумовлюють краще осідання зависей пива, які при їх недостатньому вилученні в подальших технологічних стадіях зменшують бродильну активність дріжджів [10; 17].

Зразок, до якого було додано кизил, також продемонстрував кращий результат, ніж контрольний зразок, проте різниця була несуттєва.

Для порівняння в цифровому виразі можна сказати, що контрольний зразок було зброджено на 55,0%; пиво з кизилом — на 57,1%; зразки пива з імбиром та калиною — на 60,3%. Різниця між контролем і зразком з кизилом склала 5,3%. Обліпиху зняли з експериментів через велику кількість завислих речовин.

Наступним етапом дослідження було порівняння кількості високомолекулярного азоту після стадії кип'ятіння сусла з хмелем. Для цього використовували ті самі зразки, що і в попередньому експерименті.

Результати дослідження впливу антиоксидантів на процес коагуляції високомолекулярних білків при кип'ятінні сусла, які наведені у табл. 2, свідчать про те, що додавання нетрадиційної сировини разом із хмелем сприяє коагуляції білків у пивному суслі. Оцінюючи дані, отримані під час досліджень, можна зробити висновок, що найкраще зменшенню кількості загального азоту після кип'ятіння сприяє внесення під час кип'ятіння ягід калини. Результат зменшення кількості високомолекулярного білка у вихідному зразку без додавання хмелю виявився найгіршим.

Таблиця 2. Вміст загального азоту у зразках при використанні досліджуваної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантів

Зразок	Таніновий показник	Вміст коагулюючого азоту мг/100 дм ³
Вихідне сусло	0,438	16,1
1	0,366	15,2
2	0,344	14,1
3	0,351	14,4
4	0,335	13,7

На наступному етапі дослідження порівнювали фізико-хімічні показники якості готового пива з добавками антиоксидантів і контрольного зразка. Ці дослідження були проведені на 21 добу дозрівання пива. Отримані дані за основними показниками наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники якості пива з добавками різних антиоксидантів

Зразок	Вміст дійсного екстракту, %	Вміст спирту, %	Колірність, см ³ 0,1н I2 на 100 см ³	pH	Кислотність, см ³ 0,1н NaOH на 100 см ³	Таніновий показник
1	4,8	3,7	0,40	4,4	1,8	0,355
2	4,7	3,8	0,41	4,46	1,8	0,335
3	4,5	3,8	0,40	4,46	1,8	0,342
4	4,4	3,9	0,41	4,42	1,9	0,321

Встановлено, що кращим зразком є пиво, стабілізоване шляхом добавки калини. Цей зразок пива має найнижчий таніновий показник, що вказує на найменшу кількість білків, здатних до утворення помутнінь у ньому в процесі зберігання.

Висновки

Досліджено можливість використання плодів кизилу та калини, а також коріння імбиру. Визначено, що додавання імбиру і калини під час технологічної операції кип'ятіння сусла з хмелем продемонстрували найкращі показники стійкості (за таніновим показником) і якості готового пива. Отже, додавання нетрадиційної сировини є найбільш доцільним на стадії приготування сусла.

Виходячи з аналізу наявних науково-технічних джерел інформації, а також проведених експериментальних досліджень сформульовано такі висновки:

- доведено ефективність застосування антиоксидантів (АО) з вибраної рослинної сировини для запобігання небажаних процесів окиснення пива під час його зберігання;

- виявлено, що більш стійкими до зміни своїх окислювально-відновних властивостей і скисання є зразки, до яких було додано калину. Всі зразки, в які було додано нетрадиційну рослинну сировину з підвищеним вмістом антиоксидантів, продемонстрували кращу стійкість до скисання. Це доводить доцільність використання цієї сировини для підвищення терміну зберігання пива;

- Встановлено, що додавання нетрадиційної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантів і дубильних речовин позитивно впливає на таніновий показник у готовому пиві. У зразках, в які було додано досліджувану сировину, спостерігалось зменшення цього показника, що, у свою чергу, вказує на зменшення високомолекулярних білкових речовин у пиві, які виступають компонентами колоїдних помутнінь.

Література

1. Антиоксиданты из растительного сырья в технологии стабилизации пива / Данилова Л. А. и др. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2013. № 1. С. 23—26.
2. Біологічна хімія: підручник / Л. Ф. Павлоцька, та ін.. Суми: Університетська книга, 2011. 510 с.
3. Поживні властивості кизилу: URL. <https://healthday.in.ua/travi/kizil> (дата звернення 11.10.2019).
4. Меледина Т. В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. СПб.: Изд-во «Профессия», 200. 304 с.
5. Витковский В. Л. Плодовые растения мира. СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2003. 592 с.
6. Меледина Т. В., Дедегкаев А. Т. Коллоидная стойкость пива: учебн. пособие, СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. С. 90.
7. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: пер. з нем. СПб.: Профессия, 2009. 1100 с.
8. Пиво. Загальні технічні умови: ДСТУ 3888-15. [Чинний від 2015-1-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2015. 13 с. (Національний стандарт України).

9. Кошова В. М., Мукоїд Р. М., Коберніцька А. О. Дослідження впливу використання порошкоподібного цикорію в пивоварінні: *Engineering Studies, Taylor & Francis*. 2018. Issue 3 (2), Volume 10. P. 812—830.
10. Optimization of main fermentation of high-gravity wort / Ruslana Kosiv, Tetiana Kharandiuk, Lyubov Polyuzhyn, Liubov Palianytsia, Natalia Berezovska: *Chemistry & Chemical Technology*. 2016. Volume 10, number 3. P. 349—353.
11. Харандюк Т. В., Косів Р. Б., Борух О. М., Далибожик Р. С. Зниження вмісту віцинальних дікетонів при зброджуванні високогустинного сусла. *Науковий вісник ЛНУВМБТ*. 2017. Volume 10. P. 149—152.
12. Sitia R., Braakman I. Quality control in the endoplasmic reticulum protein factory. *Nature*. 2003, 426(6968): 891—894. doi: 10.1038/nature02262.
13. Закон «О чистоте пива». URL: http://www.pivnovbar.ru/page/show/zakon_o_chi_stote_piva.htm. (дата звернення 10.09.2019).
14. Kretova Y. I. Prospects for the use of unconventional raw materials in brewing technology: domestic and foreign experience. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*. 2017. Vol. 5, No. 4, P. 12—18.
15. Mussche R. Proceedings of 21 st. Convention. Inst. Brew. N. Zealand-Australia, 1990. P. 136—140.
16. Steenackers B., De Cooman L., De Vos D. Chemical transformations of characteristic hop secondary metabolites in relation to beer properties and the brewing process: a review. *Food Chem*. 2015; 172: 742—756.
17. Bamforth C. W., Muller R. E., Walker M. D. Oxygen and Oxygen Radicals in Malting and Brewing: A Review. *J. A. Soc. Brew. Chem*. 1993. № 51. P. 79—88.
18. Mikyška A., Hrabak M. The role of malt and hop polyphenols in beerquality, flavour and haze stability. *J. Inst. Brew*. 2002. P. 78—85.

УДК 664.31/36

TECHNOLOGICAL MODES OF CRUCIFERAE OIL SEEDS PRESSING

Y. Shemanska, N. Machyn

National University of Food Technologies

Key words:

*Cold pressing
Camelina oil
Rape oil
Fatty acid composition
Tocopherols
Phytosterols
Polyunsaturated fatty acids*

Article history:

Received 12.12.2019
Received in revised form
23.12.2019
Accepted 15.01.2020

Corresponding author:

Y. Shemanska
E-mail:
shemanska@ukr.net

ABSTRACT

Relative analysis of quality parameters of camelina and rape oils, obtained in laboratory conditions by cold and hot pressing have been made in this work. The composition of fatty acids, the content of tocopherol isomers and the fractional composition of phytosterols of cold pressed oils were investigated.

Quality indicators of oils were determined by standard methods. The fatty acid composition was analyzed by gas chromatography. The determination of the composition of tocopherols was carried out by the method of high-performance liquid chromatography of the unsaponified lipid fraction. The composition of the sterol fraction was determined by gas chromatography.

It was shown, that cold pressing oils have better organoleptic characteristics and lower values of color, acid and peroxide indicators. The predominant content of the ω -9 and ω -3 classes and the low content of the ω -6 fatty acids were determined. The content of erucic acid responds to the food requirements and its amount was 0.8% in rapeseed oil and 2.7% in camelina oil. Cruciferous oils have a high content of tocopherols (59.6...98.7 mg %), among which α -tocopherol and β -tocopherol isomers dominate, which have pronounced vitamin and antioxidant properties. The major fraction of phytosterols in the studied oils is β -sitosterol, which is a cholesterol antagonist and its main role is to lower the concentration of low density lipoproteins in blood. Favorable ratio of ω -3: ω -6 polyunsaturated fatty acids, considerable content of tocopherols and phytosterols indicate high biological value of oils from modern rape varieties. Therefore, it is appropriate to use cold pressed camelina and rapeseed oils to obtain food products with a balanced fatty acid composition and to enrich nutrition of the population with essential fatty acids and biologically active substances.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-26

ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕЖИМИ ПРЕСУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР РОДИНИ ХРЕСТОЦВІТИХ

Є. І. Шеманська, Н. В. Мачин

Національний університет харчових технологій

У статті проведено порівняльний аналіз технологій і показників якості рижівської і ріпакової олій, які були одержані в лабораторних умовах методом холодного та гарячого пресування. Досліджено жирнокислотний склад, вміст ізомерів токоферолів і фракційний склад фітостеролів олій холодного пресування.

Показники якості олій визначали за стандартними методами. Склад жирних кислот досліджували за допомогою методу газової хроматографії. Визначення складу ізомерів токоферолів здійснювали методом вискоелективної рідинної хроматографії неомиленої фракції ліпідів. Визначення складу стеролової фракції проводили газохроматографічним методом.

Виявлено, що олії холодного пресування мають кращі органолептичні показники та нижчі значення колірнього, кислотного і пероксидного чисел. Встановлено переважаючий вміст в оліях жирних кислот класів ω -9 та ω -3 та невисокий вміст жирних кислот класу ω -6. Вміст ерукової кислоти відповідає вимогам для харчових продуктів і становить 0,8% у ріпаковій олії та 2,7% — у рижівській олії. Олії родини хрестоцвітих мають підвищений вміст токоферолів (59,6...98,7 мг %), серед ізомерів переважають α -токоферол та β -токоферол, які володіють вираженими вітамінними й антиоксидантними властивостями. Основною фракцією фітостеролів у досліджуваних оліях є β -ситостерол, який є антагоністом холестерину та знижує концентрацію ліпопротеїдів низької щільності в крові. Сприятливе співвідношення ω -3: ω -6 поліненасичених жирних кислот та значний вміст токоферолів і фітостеролів свідчить про високу біологічну цінність олій. Отже, доцільним є використання олій рижію та ріпаку холодного пресування для отримання харчових продуктів збалансованого жирнокислотного складу та збагачення харчового раціону населення есенціальними жирними кислотами і біологічно активними речовинами.

Ключові слова: *холодне пресування, рижівська олія, ріпакова олія, жирнокислотний склад, токоферолі, фітостеролі, поліненасичені жирні кислоти.*

Постановка проблеми. Дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених показали, що при оцінюванні харчової цінності жирів поряд зі співвідношенням насичених, моно- і поліненасичених жирних кислот необхідно також враховувати баланс поліненасичених жирних кислот класів ω -6 (лінолева, γ -ліноленова, арахідонова) і ω -3 (α -ліноленова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова) [1].

Жирні кислоти ω -6 і ω -3 конкурують за метаболізацію ферментними системами і можуть заміщувати одна одну. Це пов'язано з тим, що при одночасному надходженні в організм виникають конкурентні взаємовідносини в метаболізмі

цих кислот, що впливає на синтез арахідонової кислоти, надлишок якої в організмі спричиняє серію небезпечних процесів [2].

У більшості опублікованих праць, які стосуються збагачення харчового раціону ω -3 поліненасиченими жирними кислотами, досліджується вплив споживання жирної риби для профілактики серцево-судинних захворювань. Суттєво менша увага в дослідженнях приділяється використанню рослинних олій з високим вмістом ω -3 жирних кислот для оптимізації харчового раціону. Це особливо актуально для населення з невисоким споживанням рибних продуктів

Риб'ячий жир є незамінним джерелом ейкозапентаєнової та докозагексаєнової ω -3 кислот, але він відноситься до лікарських препаратів і має ряд протипоказань та певні заходи безпеки при застосуванні (можливість передозування вітамінів А і Д, контроль параметрів системи згортання крові).

Важливим аргументом на користь рослинних олій є їхня безпечність, оскільки вони містять α -ліноленову ω -3 кислоту, яка є попередником, необхідним для метаболізму організму і може накопичуватися в організмі та витратитися за потребою [3].

На підставі клінічних та експериментальних досліджень вчених рекомендоване співвідношення кислот ω -3: ω -6 складає від 1:4 до 1:2 [4]. Тому доцільним є введення у склад харчових раціонів рослинних олій, які забезпечать необхідний фізіологічним потребам організму баланс есенціальних кислот ω -3 та ω -6.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відповідно до статистики світового виробництва ринок рослинних олій з кожним роком зростає. У структурі світового виробництва пальмова олія займає найбільшу частку — 35%. На другому місці знаходиться соєва — 29%, далі ріпакова — 15%, і лише на четвертому місці звична нам соняшникова олія — 9%. Але, крім вищенаведених основних видів, у світі щорічно переробляється ще близько 10 млн т іншої олійної сировини [5].

Представниками родини хрестоцвітих серед олійних культур є ріпак, гірчиця, суріпиця, рижій, індау, крамбе. Ці культури мають спільні ботанічні особливості та хімічний склад. Особливістю культур родини Хрестоцвітих є наявність у жирнокислотному складу есенціальної ліноленової кислоти, що належить до класу ω -3.

Таксономічною ознакою всієї родини є наявність таких небажаних речовин, як ерукова кислота в жирнокислотному складі олії, тіоглюкозинолати — в гелевій частині та пігменти — у насінневій оболонці [6]. Ці речовини ускладнюють технологію переробки насіння та використання продуктів у кормових і харчових цілях. Частково ці проблеми вирішуються шляхом селекційного виведення нових низько ерукових, низько тіоглюкозинолатних сортів, частково — шляхом використання різних технологічних операцій.

Насіння родини хрестоцвітих також є джерелом кормового білка з добре збалансованим складом незамінних амінокислот. Існує думка про нераціональність використання макухи та шроту лише на потреби тваринництва, оскільки знежирені шроти є вагомим резервом для отримання харчових білків, які відносяться до харчових добавок, що можуть використовуватися білкові збага-

чувачі продуктів харчування. Крім того, макуха є цінним добривом, тому що містить значну кількість фосфорної кислоти (3...4% маси золи) [7].

В Україні вирощується багато олійних культур, але великі олійноекстракційні підприємства зосереджені в основному на виробництві соняшникової олії, яка не має оптимального складу поліненасичених жирних кислот. У загальному обсязі виробництва нетрадиційні олії, отримані методом холодного віджиму, практично не помітні. Водночас олії холодного пресування дуже цінуються серед людей, що піклуються про своє здоров'я.

Застосування технології холодного пресування також позитивно впливає на якість макухи. Макуха, як відомо, найцінніший компонент у комбікормовій промисловості, харчова цінність якої визначається великим вмістом білка (до 37%) і залишкового жиру (до 12%). При холодному пресуванні білок не є термічно модифікованим, отже, не втрачає своїх корисних властивостей, а всі корисні для тварин речовини залишаються в незмінному стані. Цього не можна сказати про макуху, яка отримана в результаті гарячого пресування. Адже при гарячому пресуванні втрачається до 15% цінних для споживача якостей макухи.

Метою дослідження є створення високоефективного способу вилучення олії із застосуванням шнекового пресу методом холодного пресування за температури, що не перевищує 40°C, та забезпечення високого виходу олії з одночасним покращенням якості олії.

Викладення основних результатів дослідження. Максимальний тиск, що розвивається шнековими пресами, досягає 30 МПа, ступінь ущільнення зростає в 2,8...4,4 раза, тривалість перебування сировини в шнековому каналі під тиском залежить від типу преса і коливається в межах від 78...225 с і, відповідно, температура олії та макухи в процесі пресування підвищується на 20...35°C та залежно від олійності культури може досягати 60...90°C на виході з преса. Використання сирої нерозігрітої сировини, низькі температури процесу значно ускладнюють роботу шнекового преса, ефективність пресування та знижують вихід олії.

Поставлене завдання вирішується так: насіння олійних культур для забезпечення низькотемпературного вилучення олії попередньо охолоджують при температурі -10°C з подальшим пресуванням на шнековому пресі при температурі не вище 30...40°C на виході з пресу.

Через попереднє охолодження олійної сировини температура під час пресування не зростає, не відбувається локального перегріву і підгоряння сировини, температура процесу в шнековому каналі вирівнюється і, відповідно, не відбувається термічний вплив на олію та макуху, що надає можливість використовувати більш низькі температури пресування при високій ефективності вилучення олії та в результаті отримувати олію, яка має високі якісні показники, окиснювальну стабільність і біологічну цінність.

Для дослідження технологічних режимів пресування використовували очищене насіння ріпаку та рижію, отримана пресою олія не потребувала додаткової очистки, окрім відстоювання й фільтрування.

Технологічні режими пресування олійних культур наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Технологічні режими пресування олійного насіння

Вид олійного насіння	Олійність насіння, %	Температура на виході макухи з пресу, °С	Вихід олії, %	Олійність макухи, %
Однократне пресування холодним способом				
Рижій	40,1	30—40	30,48	18,9
Ріпак	47,9	30—40	36,98	21,4
Однократне пресування гарячим способом				
Рижій	40,1	100—110	34,22	15,6
Ріпак	47,9	80—100	39,55	17,3

Метод холодного пресування дає змогу зберегти в олії нестійкі до високих температур виключно корисні речовини — вітаміни (токофероли та каротиноїди) та значну кількість фосфоліпідів, які захищають олію від перебігу процесів окиснення. Вихід такої олії нижчий, ніж при застосуванні методу гарячого пресування, але вартість компенсується кращими показниками якості, високою фізіологічною цінністю та корисністю продукту.

Основною метою переробки олійного насіння за технологією гарячого пресування було вилучення максимально можливої кількості олії. При пресуванні гарячим способом насіння перед пресуванням прогрівали у сушильній шафі до 100°С. Нагрівання насіння полегшує віджим олії, тому в технології гарячого пресування досягаються більш високі показники виходу олії. Така технологія є ідеальною для великих об'ємів переробки олійних культур, а також там, де є джерело дешевої пари.

Після відстоювання та фільтрування були дослідженні основні показники складу і якості отриманих пресових олій (табл. 2).

Таблиця 2. Органолептичні та фізико-хімічні показники олій

Назва показника	Характеристика			
	Холодним пресуванням		Гарячим пресуванням	
	Ріпакова	Рижієва	Ріпакова	Рижієва
Органолептичні показники	Прозора олія, без стороннього присмаку та запаху		Олія з помутнінням, наявний смажений запах	
Колірне число, мг йоду	40	30	60	50
Кислотне число, мг КОН/г	1,4	1,0	1,7	1,1
Пероксидне число, ½ O ммоль / кг	1,9	1,3	2,8	1,8

При холодному пресуванні воскоподібні речовини не розплавляються, а залишаються в макусі. В олію в найменшій мірі переходять забарвлюючі речовини, цукристі речовини, низькомолекулярні білки та інші компоненти, які надають олії темного забарвлення (колірне число олій холодного пресування 30—40 мг йоду, а гарячого пресування — 50—60 мг йоду).

Отримані методом холодного пресування олії характеризуються низькими пероксидним і кислотними числами та без додаткового очищення й рафінації придатні для споживання в їжу.

Якість олії та напрями її використання в значному ступені визначаються її жирнокислотним складом, який був визначений методом газової хроматографії [8] та представлений в табл. 3.

Таблиця 3. Жирнокислотний склад рижівської та ріпакової олій

Назва жирної кислоти	Індекс жирної кислоти	Вміст жирної кислоти, %	
		Олія з рижію холодного пресування	Олія з ріпаку холодного пресування
пальмітинова	C _{16:0}	5,75	4,53
стеаринова	C _{18:0}	2,40	1,60
олеїнова	C _{18:1} ω-9	15,99	58,99
петрозелинова	C _{18:1n11}	0,90	3,72
лінолева	C _{18:2} ω-6	19,26	18,68
α-ліноленова	C _{18:3} ω-3	33,85	9,13
γ-ліноленова	C _{18:3} ω-6	0,13	—
арахінова	C _{20:0}	1,26	0,48
гондоїнова	C _{20:1} ω-9	14,12	1,46
ейкозадієнова	C _{20:2} ω-6	1,76	—
ейкозатрієнова	C _{20:3} ω-6	1,16	—
бегенова	C _{22:0}	0,28	0,23
ерукова	C _{22:1}	2,69	0,77
Співвідношення ω-3:ω-6		1:0,65	1:2,04
Співвідношення НЖК:МНЖК:ПНЖК		10:34:56	7:65:28

Відповідно до даних, наведених у табл. 3, жирнокислотний склад рижівської та ріпакової олій представлений переважним вмістом поліненасичених і мононенасичених жирних кислот. За вмістом ерукової кислоти досліджувані олії відповідають вимогам для харчових рослинних олій у разі промислової переробки (вміст не більше 5%). Ця кислота не утилізується ферментною системою ссавців і має тенденцію затримувати ріст і досягнення репродуктивної зрілості організму.

Слід відмітити у досліджуваних оліях невисокий вміст лінолевої кислоти (18—19%), яка відноситься до класу ω-6 кислот, що, відповідно, обмежує джерело синтезу арахідонової кислоти та є сприятливим фактором для ефективної метаболізації ω-3 поліненасичених жирних кислот. Характерною ознакою олії з рижію є високий вміст α-ліноленової (33,8%) та гондоїнової (14,1%) (цис-11-ейкозенової) кислот і, відповідно, сприятливе співвідношення ω-3:ω-6:ω-9 кислот — 1:0,6:0,9.

Основними жирними кислотами у складі ріпакової олії є мононенасичені, що позитивно впливає на тривалий термін зберігання цієї олії. Також оптимальним є співвідношення ω-3:ω-6:ω-9 кислот — 1:2:6, що свідчить про високу біологічну цінність олії сучасних сортів ріпаку.

Харчова цінність і біологічні властивості рослинних олій не обмежуються лише жирнокислотним складом. Велике значення має вміст в олії супутніх речовин, серед яких особлива роль належить антиоксидантам — токоферолам і каротиноїдам, які не лише захищають олію від окиснювального псування, але й є природними джерелами надходження в організм вітамінів Е та А. Це визначило

вибір для подальшого дослідження в зразках таких біологічно активних речовин, як токофероли.

Рівень та ізомерний склад токоферолів визначає стійкість рослинної олії до окиснення. Токофероли являють собою високомолекулярні циклічні спирти, у жировій частині насіння і плодів знайдено чотири їх фракції — α , β , δ , γ [9]. Загальний вміст токоферолів ще не є показником вітамінної цінності олій. За біологічною дією токофероли поділяються на речовини вітамінної та антиоксидантної активності. Найбільшу вітамінну активність має α -токоферол, який переважає в соняшниковій олії. Але він не має антиоксидантних властивостей і тому α -токоферол може бути окиснювачем внутрішньоклітинних ліпідів, а також всього організму. Антиоксидантами є β -, γ - та особливо δ -токофероли.

Вміст біологічно активних речовин у дослідних оліях наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Вміст біологічно активних речовин у пресових оліях

Зразок олії	Загальний вміст токоферолів, мг %	Ізомери токоферолів, % від загального вмісту		
		α	β	$\gamma+\delta$
Рижієва	98,7	63	32	5
Ріпакова	59,6	27	73	-

Дослідження вмісту токоферолів в оліях холодного пресування проводили методом рідинної хроматографії [9]. Виявили, що загальний вміст токоферолів в олії рижію складає 98,7 мг %, а в олії ріпаку — 59,6 мг %. Особливістю цих олій є значний вміст в них β -токоферолу (32—73% загального вмісту токоферолів), який характеризується вираженими антиоксидантними властивостями.

Результати аналізу вмісту фракції фітостеролів олій, який був досліджений газохроматографічним методом [10], наведено в табл. 5.

Фітостероли в рослинах виконують у мембранах клітин ті ж функції, що й холестерол у тваринних клітинах. Унаслідок близької хімічної будови з холестеролом, фітостероли легко приєднуються і блокують рецептори холестеролу, таким чином знижують всмоктування в кишківнику екзогенного холестеролу, що надійшов з їжею, й ендогенного холестерину, що потрапив із жовчю, та стимулюють його виведення з організму.

Отже, при вживанні фітостеролів знижується концентрація загального холестерину і ліпопротеїдів низької щільності в крові, а регулярне вживання їжі, багатой фітостеролами, може зупинити атеросклеротичний процес [11].

Таблиця 5. Визначення фракційного складу фітостеролів рижієвої та ріпакової олій холодного пресування

Фракції стеролів	Рижієва олія, % від загального вмісту	Ріпакова олія, % від загального вмісту
брасікастерол	4,323	11,501
кампастерол	24,466	32,242
d7-кампастерол	—	0,196
стигмастерол	1,448	0,336
β -ситостерол	58,453	52,133
d5-авастерол	5,793	2,606
d7-стигмастерол	—	0,630

Відповідно до табл. 5 основною фракцією стеролів у досліджуваних зразках олій є β -ситостерол — інгібітором 5- α редуктази, ферменту, що каталізує реакцію тестостерол \rightarrow дигідротестостерол, запобігає зв'язуванню дигідротестостеролу зі специфічними рецепторами та сприяє його прискореному розпаду, тобто має антиандрогенну дію та сприяє нормалізації гормонального балансу.

Висновки

Порівняльний аналіз показників якості та складу дослідних олій засвідчив, що при холодному пресуванні олії мають кращу стабільність до окиснення, характеризуються низьким вмістом забарвлюючих речовин і продуктів окиснення. За даними жирнокислотного складу, олії мають сприятливий баланс ω -3: ω -6 есенціальних жирних кислот і мінорний вміст ерукової кислоти. Значний вміст токоферолів, каротиноїдів і фітостеролів свідчить про високу фізіологічну цінність даних олій. Отже, доцільним є використання олій родини Хрестоцвітих для отримання харчових продуктів збалансованого жирнокислотного складу та збагачення харчового раціону населення есенціальними жирними кислотами і біологічно активними речовинами.

Література

1. Joldosh M., Radzievska I. Modeling composition of the mixed oils by blending. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2014. Vol. 2, Issue 1. P. 22—28.
2. Рослинні олії як джерела функціональних інгредієнтів / Кобець О. С. та ін. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Том 22, № 2. С. 204—212.
3. New vegetable oil blends to ensure high biological value and oxidative stability / Nosenko T. [and oth.] *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 5/6 (89). P. 42—47.
4. Шеманська Є. І. Шляхи збагачення харчового раціону людини есенціальними жирними кислотами. *Харчова промисловість*. 2016. № 20. С. 80—85.
5. Давыдова Р. Основные коммерческие и некоммерческие растительные масла. *Продукты & ингредиенты*. 2014. № 2. С. 22—23.
6. Пешук Л. В. Носенко Т. Т. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини: навч. посіб. Київ, 2011. 296 с.
7. Москва І.С. Стан і перспективи вирощування рижію ярого на півдні степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. Вип. 1. С. 99—109.
8. ДСТУ 5508-2001 (ISO 5508:1990, IDT). Жиры и масла животные и растительные. Анализ методом газовой хроматографии метиловых эфиров жирных кислот [Чинний від 2001-12-28]. Київ, 2002. 14 с.
9. Природные антиоксиданты пищевых продуктов / М. О. Полумбрик [и др.]. Минск, 2017. С. 158.
10. ДСТУ ISO 9936:2004 (ISO 9936:1997, IDT) Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту токоферолів і токотриенолів методом рідинної хроматографії високороздільної здатності [Чинний від 2006-01-01]. Київ, 2005. 8 с.
11. ДСТУ ISO 6799-2002 (ISO 6799:1991, IDT). Жири та олії тваринні і рослинні. Визначання складу стеринової фракції. Газохроматографічний метод [Чинний від 2002-09-10]. Київ, 2003. 8 с.
12. Дослідження споживчих властивостей ріпакової олії / Носенко Т. Т. [та ін.] *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 2. С. 130—136.

УДК 637.5

ADVANTAGES OF THE USE OF PROTEIN-FAT EMULSIONS IN THE TECHNOLOGY OF RESTRUCTURED HAM PRODUCTS

V. Zhuk, I. Shevchenko

National University of Food Technologies

Key words:

Protein

Fat

Emulsion

Stability

Ingredients

Mixtures

Article history:

Received 11.12.2019

Received in revised form
23.12.2019

Accepted 14.01.2020

Corresponding author:

V. Zhuk

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Creation of new healthy and prophylactic food products, the consumption of which allows to increase the protective function of the body and to normalize the human nutritional status, is a promising direction in the field of development of functional products.

Scientific achievements in biological chemistry, physiology, nutrition, vitamins at the present level of development allow to establish and substantiate the physiological needs of every person in nutrients depending on age, profession, sex, climatic characteristics and other factors.

Considering the prospect of the chosen direction, the purpose of the research was to develop the composition and improve the technology of restructured ham products with high nutritional and biological value, by balancing their amino acid and fatty acid compositions. The use of protein-fat emulsion (PFE) as a part of restructured ham products is aimed at influencing the functional and technological properties of meat raw materials and enriching the product with essential amino acids and polyunsaturated fatty acids.

In order to create health-improving food products with high nutritional and biological value, a recipe composition of restructured turkey meat products was developed with the use of PFE, which allowed to increase the functional and technological properties of meat raw materials and balance amino and fatty acid products. It is recommended to use the Vepro 75 PSC blood plasma proteins, sodium casein and buttermilk in the ratio of 1:1:0.5. A mixture of turkey and pig fat in the amount of 67% and 33% respectively is selected as a fat component. Due to the emulsifying properties of the selected components of the PFE, the effectiveness of its influence on the quality indicators of ham products has been proved. Organoleptic evaluation of the developed products was carried out.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-27

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВО-ЖИРОВИХ ЕМУЛЬСІЙ У ТЕХНОЛОГІЇ РЕСТРУКТУРОВАНИХ ШИНКОВИХ ВИРОБІВ

В. О. Жук, І. І. Шевченко

Національний університет харчових технологій

Створення нових оздоровчо-профілактичних харчових продуктів, споживання яких підвищує захисні функції організму та нормалізує харчовий статус людини, є перспективним напрямком у галузі розробки продуктів функціонального призначення.

Наукові досягнення біологічної хімії, фізіології, гігієни харчування, вітамінології на сучасному рівні розвитку дають змогу встановити та обґрунтувати фізіологічні потреби людини у харчових речовинах залежно від віку, професії, статі, кліматичних особливостей та інших факторів.

У статті розроблено склад та удосконалено технології реструктурованих шинкових виробів з підвищеною харчовою і біологічною цінністю шляхом збалансування їхнього амінокислотного та жирнокислотного складу. Використання білково-жирової емульсії (БЖЕ) у складі реструктурованих шинкових виробів надає можливість спрямовано впливати на функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини та збагатити продукт незамінними амінокислотами й поліненасиченими жирними кислотами.

З метою створення оздоровчо-профілактичних харчових продуктів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю розроблено рецептурний склад реструктурованих шинкових виробів з м'яса індика з використанням БЖЕ, що покращує функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини та збалансовує аміно- та жирнокислотний склад шинкових виробів. Рекомендовано в складі БЖЕ використовувати білки плазми крові Verpro 75 PSC, казеїнату натрію та маслянки (пахта) у співвідношенні як 1:1:0,5. Як жирову складову обрано суміш індичого та свинячого жирів у кількості 67% і 33% відповідно. Завдяки емульгуючим властивостям підібраних компонентів БЖЕ доведено ефективність її впливу на якісні показники шинкових виробів. Проведено органолептичну оцінку розроблених продуктів.

Ключові слова: білок, жир, емульсія, стабільність, інгредієнти, суміші.

Постановка проблеми. Нестача білків у харчуванні викликає серйозні порушення в організмі людини. У дітей уповільнюється зростання та розвиток, у дорослих виникають глибокі зміни в печінці (жирова інфільтрація). А при тривалій нестачі білків — навіть цироз печінки, порушення діяльності залоз внутрішньої секреції, зміна білкового складу крові, зниження стійкості організму до інфекційних захворювань, а також погіршується розумова діяльність. Поряд з цим встановлено, що надлишкове надходження білків несприятливо відображається на функціонуванні багатьох органів та систем

організму, адже відбувається перенавантаження ферментної системи і в крові накопичуються продукти неповного метаболізму, підвищується кількість сечовини, вільних амінокислот тощо [1—3].

Важливе значення для забезпечення синтезу білка в організмі має співвідношення амінокислот у харчовому продукті та раціоні (амінокислотна формула) незамінних амінокислот. За одиницю у цьому співвідношенні приймають триптофан; кількість інших незамінних амінокислот повинна бути у 3—4 рази більше. Це настільки важливий фактор, що при певних захворюваннях спеціально приймають суміші вільних амінокислот або їх суміші у вигляді гідролізатів природної сировини, наприклад, в ентеральному або парентеральному харчуванні. Природно, що спеціальне збагачення м'ясних продуктів, що, зазвичай, вміщують 15...20% білка, навіть деякими амінокислотами, дає змогу позиціонувати їх як лікувально-профілактичні [4—6].

Мета статті: дослідити можливість підвищення харчової та біологічної цінності м'ясних виробів шляхом збагачення їх амінокислотного та жирнокислотного складу.

Матеріали і методи. При визначенні органолептичних, фізико-хімічних показників тваринних жирів та їх сумішей, хімічного складу емульсії та готових продуктів використовували стандартні методи досліджень. Амінокислотний склад білків визначали методом іонообмінної хроматографії на колонках з використанням автоматичного аналізатора амінокислот Т-339 М. Жирнокислотний склад визначали згідно з ДСТУ ISO 5509-2002 «Жири та олії тваринні і рослинні». Визначення жирних кислот здійснювали на газовому хроматографі виробництва Hewlett-Packard HP6890 із полум'яно-іонізаційним детектором, інжектор S/S з виділенням потоків, колонка Sp2380, довжина 100 м, внутрішній діаметр 0,25 мм, товщина покриття 0,2 мкм.

Результати і обговорення. З метою покращення білкового та амінокислотного складу реструктурованих м'ясних виробів методом комп'ютерного моделювання, використовуючи принцип раціонального заміщення білків м'яса ізольованими білками плазми крові та молока, розроблено білкову композицію з білків плазми крові Vergo 75 PSC, казеїнату натрію та маслянки у співвідношенні 1:1:0,5, амінокислотний склад якої наближений до еталону FAO/WHO (табл. 1).

Моделювання властивостей м'ясної сировини шляхом введення до її складу БЖЕ є найбільш раціональним шляхом використання додаткових джерел тваринного білка в складі м'ясних виробів, що підвищує харчову та біологічну цінність м'ясних виробів шляхом збагачення їх амінокислотного та жирнокислотного складу [3; 4; 6].

Відповідно до існуючих медико-біологічних вимог, методом лінійного програмування розраховано склад жирової композиції із суміші індичого та свинячого жирів у кількості 67% і 33% відповідно.

Свинячий жиру містить особливо важливі для організму людини вітаміни, зокрема провітамін А, лінолеву кислоту та набагато більшу кількість незамінних жирних кислот, ніж у значній частині інших твердих жирів, невисокий

вміст холестерину. Жир індичий, порівняно з іншими видами тваринних жирів, містить рекордну кількість вітамінів групи *E*, а також *D*. Проте внесення жирів безпосередньо у фаршеву емульсію не в складі БЖЕ обумовлює появу в готовому продукті таких дефектів консистенції, як мазеподібність, липкість, тому комбінування індичого жиру із свинячим є технологічно обґрунтованим рішенням [3; 7].

Таблиця 1. Порівняльний амінокислотний склад тваринних білків

Назва амінокислот	Амінокислотний склад, г/100г білка					Амінокислотний скор суміші білків, %
	Верго 75 PSC	казеїнат натрію	маслянка (пахта)	суміш білків	FAO/WHO	
Валін	4,1	6,2	4,6	5,0	5,0	100
Ізолейцин	3,4	4,5	3,95	3,9	4,0	98
Лейцин	6,7	7,3	8,35	7,4	7,0	106
Лізин	5,7	7,4	7,1	6,7	5,5	122
Метіонін+цистин	4,6	2,1	2,35	3,02	3,5	86
Треонін	4,2	3,2	4,35	3,9	4,0	96
Триптофан	1,2	1,2	7,95	3,45	1,0	345
Фенілаланін+тирозин	7,0	4,2	8,15	6,45	6,0	108
Сума	36,9	36,1	466,8	39,82	36,0	

Дослідження жирнокислотного складу суміші свинячого та індичого жирів та оцінка її збалансованості показали, що переважаючими жирними кислотами в суміші з насичених жирних кислот є пальмітинова і стеаринова, з мононенасичених — олеїнова, а з поліненасичених — ліолева. Проте цінність жирової складової характеризується не тільки абсолютним вмістом окремих кислот, але і їх співвідношенням. Так, співвідношення суми ненасичених і насичених кислот у ліпідах суміші свинячого та індичого жирів становить 66,42:28,99 проти рекомендованого 70:30 [3; 4; 7].

Розробку раціонального складу БЖЕ здійснювали методом комп'ютерної оптимізації на основі хімічного складу інгредієнтів, що рекомендуються до складу БЖЕ. Як функції цілі було обрано жирутримувальну здатність, яка є критерієм стабільності утримання жиру в м'ясних емульсіях. Результати розрахунку композиційного складу білково-жирової емульсії представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Рецептурний склад білково-жирових емульсій

Найменування компонентів	Вміст складових БЖЕ, %	
	БЖЕ 1(контроль)	БЖЕ 2
Жир свинячий	43	—
Жирова суміш (жир свинячий 33%+жир індичий 67%)	—	44
Вода питна	43	43,5
Шкурка свиняча варена	14	—
Суміш білків: білки плазми крові Верго 75, казеїнат натрію, маслянка	—	2,5
Стабілізатор білковий із індичої шкурки	—	10
Всього	100	100

Не менш важливою складовою можливого використання тваринних білків у складі БЖЕ є їх функціонально-технологічні властивості, що обумовлені кількістю в м'ясній системі міофібрилярних білків, які здатні брати участь у процесах зв'язування вологи та в процесах когезії, співвідношення між загальним вмістом вологи та загальним вмістом білків, а також співвідношенням між білками різних морфологічних груп (міофібрилярні, саркоплазматичні та сполучнотканинні). М'ясна сировина, що містить 16% білка та більше, може бути класифікована як сировина з високими функціонально-технологічними властивостями. І саме м'ясо індика містить 19% білка. Крім того, на функціональні властивості сировини суттєво впливає тип білка, фізико-хімічні показники м'ясної сировини (PSE або DFD), а також кількісне співвідношення між білками різних видів [1—6]. Водночас на підприємствах м'ясопереробної промисловості весь час виникає проблема перероблення м'ясної сировини низької якості, яка пов'язана з використанням на виробництві м'яса після тривалого зберігання, різних класифікаційних груп і сировини з підвищеним вмістом жиру та сполучної тканини і тому використання БЖЕ є ефективним технологічним прийомом, що покращує функціонально-технологічні властивості м'ясних систем з цієї сировини.

З метою обґрунтування варіаційного комбінування м'ясної і жирової складових реструктурованої шинки підвищеної біологічної цінності було розраховано її раціональний рецептурний склад (50% індичого м'яса та 50% свинини напівжирної) та здійснено часткову заміну м'ясної сировини на БЖЕ у кількості 15%, 20% та 25%. Отримані зразки шинок досліджували за фізико-хімічними показниками, структурно-механічними та органолептичними властивостями. Результати досліджень представлені у табл. 3.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники, органолептична оцінка та структурно-механічні властивості зразків реструктурованих шинок

Показники	Контроль	Дослід		
		15% БЖЕ	20% БЖЕ	25% БЖЕ
Масова частка вологи, %	62,07±1,75	63,40±1,75	65,55±1,75	66,32±1,75
Масова частка білка, %	14,24±0,13	15,02±0,09	15,76±0,11	15,60±0,15
Масова частка жиру, %	22,80±0,17	20,71±0,13	17,80±0,17	17,19±0,02
Масова частка мінеральних речовин, %	0,86	0,87	0,89	0,89
Вихід, %	104,60±4,37	121,2±3,25	130,3±2,57	130,4±3,15
Загальна органолептична оцінка, бали	3,9	4,6	4,9	4,8
Гранична напруга зрізу, кПа	211,3±3,33	204,49±2,27	197,8±3,38	192,8±4,42
Зусилля різання поперек волокон, Па · 10 ⁻⁵	1,94±0,12	1,79±0,17	1,72±0,14	1,70±0,15

За результатами органолептичної оцінки, хімічного складу та структурно-механічних досліджень дослідні зразки шинок, що містять 20% БЖЕ, мають кращі показники. Після аналізу отриманих даних і вивчення впливу технологічних факторів на властивості готового продукту в умовах виробництва,

проведено оптимізацію рецептури шинки та вивчено її харчову та біологічну цінність. З метою оцінки біологічної цінності готових виробів досліджено амінокислотний склад білка контрольного і дослідного зразків. Результати аналізу амінокислотного складу наведені у табл. 4.

Таблиця 4. Амінокислотний склад реструктурованих шинкових виробів

Найменування амінокислоти	Еталон (білок курячого яйця), г/100г	Амінокислотний склад контрольного зразка шинки, г/100 г	Амінокислотний склад шинки з 20% БЖЕ, г/100 г
Валін	5,0	4,9	5,1
Ізолейцин	4,0	3,2	3,4
Лейцин	7,0	6,6	6,9
Лізин	5,5	5,5	5,7
Треонін	4,0	3,9	4,0
Триптофан	1,0	0,9	1,1
Фенілаланін	6,0	6,1	6,2
Метіонін+цистин	3,5	3,3	3,5
Сума	36,0	34,4	35,9

Запропонована рецептура реструктурованої шинки підвищує її біологічну цінність за вмістом незамінних амінокислот порівняно з контрольним зразком на 4,2%, порівняно з контрольним зразком. У цілому результати виконаних досліджень і проведена органолептична оцінка свідчать про високу якість зразків шинок, виготовлених за розробленою рецептурою.

Запропонований рецептурний склад реструктурованої шинки в оболонці й технологія її виробництва з використанням БЖЕ вигідно відрізняється від традиційної технології більш раціональним використанням сировини, можливістю ефективно впливати на якість м'ясних продуктів при переробці м'ясної сировини з дефектом PSE, також регулювати біологічну цінність продукту з виходом вище 130%.

Висновки

Отримані результати підтверджують доцільність використання білково-жирової емульсії у кількості 20% як складової, що дає змогу підвищити функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини і збалансувати аміно- та жирнокислотний склад реструктурованих шинкових виробів. Доведено, що найбільш функціональною є білково-жирова емульсія, що містить білки плазми крові Верго 75 PSC, казеїнат натрію та маслянку (пахта) у співвідношенні 1:1:0,5, і суміш індичого та свинячого жирів у співвідношенні 67:33 відповідно. Завдяки емульгуючим властивостям підібраних компонентів білково-жирової емульсії доведено ефективність її впливу на якісні показники шинкових виробів.

Література

1. Жаринов А., Соколова Н. Формы связи влаги в мясе и мясных продуктах. *Вестник Аромарос*. 2004. № 4. С. 37—47.

2. Евдокимова О. В., Гриминова Е. Б., Толкунова Н. Н. Функционально-технологические свойства белковых препаратов. *Известие вузов. Пищевая технология*. 2006. № 2—3. С. 73—74.
3. Рогов И. А. Химия пищи. Кн. 1 (Белки: структура, функции, роль в питании). М.: КолосС, 2007. 853 с.
4. Салаватулина Р. М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве. СПб.: ЗАО Торговый дом Георд, 2005. 236 с.
5. Тартэ Р. Ингредиенты в производстве мясных изделий. Свойства, функциональность, применен. Пер. с англ. СПб: ИД Профессия, 2015. 464 с.
6. Фейнер Г. Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации; пер. с англ. Н. В. Магды. СПб: Профессия, 2010. 720 с.
7. Кишенько І. І., Крижова Ю. П., Жук В. О. Особливості використання білково-жирової емульсії в технології реструктурованих шинок. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2017. № 75, Том 19. С. 97—101.

FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS FOR PEOPLE WITH DIABETES WITH THE USE OF PRODUCTS FROM PROCESSING CARROTS

V. Dorohovych

National University of Food Technologies

Key words:

*Sugar substitutes,
Carrot juice,
Carrot puree,
Vitamin A,
B-carotene*

Article history:

Received 18.12.2019
Received in revised form
10.01.2020
Accepted 25.01.2020

Corresponding author:

V. Dorohovych
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper presents data on the prevalence of diabetes in Ukraine and in the world, substantiates the feasibility of using sugar substitutes and products from processing carrots in the development of flour confectionery products for people with diabetes. The following results of studies are presented: the effect of lactitol and isomaltitol on the foaming capacity of dried egg albumen restored with water and carrot juice; the influence of lactitol, isomaltitol, fructose on the foaming ability of egg yolk-carrot juice mixture. Positive influence of carrot juice on foaming and foam resistance of mixtures of sugar-egg white, sugar-egg yolk was established. In the case of restoration of dried egg white with carrot juice, the foaming ability increases by 85...90%. The obtained data were the basis for the development of technologies of protein-whipped cookies and biscuits using sugar substitutes and carrot juice.

The influence of carrot puree on the structural characteristics of cupcake dough with lactitol and finished products was determined. It was found that carrot puree leads to the increase in the density of the cupcake dough, the decrease in the specific volume of the finished cupcake and increases the duration of baking. The percentage of Vitamin A (calculated from β -carotene) was calculated in the case of consumption of protein-whipped cookies, biscuits and cupcakes. In the case of consumption of 50 g of the developed protein-whipped cookies, the provision in vitamin A is 15%, with the consumption of 100 g of biscuit it is 23.5%, with the consumption of 100 g of cupcakes it is 17.5%. The recommended amount of consumption of protein-whipped cookies, biscuits and cupcakes depends on the amount of sugar substitutes in them.

БОРОШНЯНІ КОНДИТЕРСЬКІ ВИРОБИ ДЛЯ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ МОРКВИ

В. В. Дорохович

Національний університет харчових технологій

У статті наведено дані щодо поширеності цукрового діабету в Україні та світі, обґрунтовано доцільність застосування цукрозамінників і продуктів переробки моркви під час розроблення борошняних кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет. Наведено результати досліджень впливу лактитолу та ізомальтитолу на піноутворювальну здатність сухого яєчного білка, відновленого водою та морквяним соком; лактитолу, ізомальтитолу, фруктози на піноутворювальну здатність суміші яєчний жовток-морквяний сік. Встановлено позитивний вплив морквяного соку на піноутворення та стійкість пін сумішею цукрозамінник-яєчний білок, цукрозамінники-яєчний жовток. У разі відновлення сухого яєчного білка морквяним соком піноутворювальна здатність збільшується на 85...90%. Отримані дані було покладено в основу розроблення технологій білково-збивного печива та бісквітів із застосуванням цукрозамінників та морквяного соку.

Визначено вплив морквяного пюре на структурні характеристики тіста кексів на лактитолі та готових виробів. Встановлено, що морквяне пюре спричиняє збільшення густини кексового тіста, зменшення питомого об'єму готового кексу та збільшує тривалість випікання. Розраховано відсоток забезпечення у вітаміні А (перерахунок з β -каротину) у разі споживання білково-збивного печива, бісквітів і кексів. У разі споживання 50 г розробленого білково-збивного печива забезпечення у вітаміні А дорівнює 15%, у разі споживання 100 г бісквіту — 23,5%, 100 г кексу — 17,5%. Рекомендована кількість споживання білково-збивного печива, бісквітів, кексів обумовлена кількістю в них цукрозамінників.

Ключові слова: цукрозамінники, морквяний сік, морквяне пюре, вітамін А, β -каротин.

Постановка проблеми. На теперішній час в Україні, як і в світі, все більшого розповсюдження набувають неінфекційні хронічні захворювання, серед яких вагоме місце займає цукровий діабет. Міжнародна діабетична федерація (IDF) у 2015 р. опублікувала дані про поширеність цукрового діабету серед населення (табл. 1) [1].

Дієтотерапія має одне з вирішальних значень у комплексному лікуванні хворих на цукровий діабет. Вона має бути адекватною до фізіологічних потреб організму. Кількість легкозасвоюваних вуглеводів повинна бути обмежена при всіх формах цукрового діабету, підвищеній чутливості до інсуліну, інсуліно-резистентних формах захворювання [2].

Таблиця 1. Поширеність цукрового діабету серед населення Землі

Група	Кількість населення	Співвідношення, у %
Все населення Землі	7 млрд	100
Кількість хворих на цукровий діабет I і II типу, у віці від 20 до 79 р.	366 млн	5,23
Кількість хворих на цукровий діабет I і II типу, у віці до 14 р.	490 тис.	0,007
Кількість людей з порушеною толерантністю до глюкози (переддіабетичний стан *), у віці від 20 до 79 р.	280 млн	4,00
Недіагностоване населення	183 млн	2,61
*Згідно зі статистикою від 30 до 50% пацієнтів, що знаходяться в переддіабетичному стані, в подальшому переходять у стадію клінічного діабету.		

У разі розроблення кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет доцільно застосовувати цукрозамінники, наприклад, лактитол та ізомальтитол. Ці цукрозамінники мають низький глікемічний індекс (ізомальтитол — 9%, лактитол — 3%) та відносно низьку калорійність — 2,4 ккал. Солодкість ізомальтитолу — 0,55 SES, лактитолу — 0,37 SES. Потрібно зазначити, що вони мають досить високу толерантність: ізомальтитол — 66 г/добу, лактитол — 54 г/добу. Ізомальтитол і лактитол належать до речовин із пребіотичними властивостями. Встановлено, що ізомальтитол і лактитол не піддаються дії кислотоутворювальних бактерій у ротовій порожнині й тому не спричиняють розвиток карієсу [3]. Внаслідок цього вони є перспективними для застосування в технологіях борошняних кондитерських виробів.

Необхідною умовою нормальної життєдіяльності людини, хворої на цукровий діабет, є відповідна фізіологічній нормі кількість вітамінів і мінеральних речовин. При захворюванні на цукровий діабет дуже часто спостерігається погіршення зору. Внаслідок цього до рецептурного складу харчових продуктів, у т. ч. борошняних кондитерських виробів, для хворих на цукровий діабет доцільно вводити сировину, компоненти (речовини) якої сприяють підтримці зорового апарату. До таких речовин відноситься β-каротин. Морква та продукти її переробки є потужним джерелом β-каротину. Отже, їх доцільно застосовувати у разі розроблення борошняних кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет та осіб, схильних до цього захворювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Овочеві та фруктові пюре знайшли широке застосування при виробництві різних груп БКВ. Введення овочевих добавок сприяє підвищенню кількості харчових волокон, вітамінів і мінеральних речовин. Продукти переробки моркви застосовано під час розроблення різних борошняних кондитерських виробів. У [4] наведені результати дослідження впливу морквяного гідролізованого пюре на структурно-механічні властивості бісквітного тіста для комбінованого здобного печива. Запропоновано застосування морквяного пюре з олією обліпихи в технології печива [5], морквяного пюре і каротиновмісного збагачувача «Морквяний мед» [6]. Науковцями [7] запропоновано застосовувати пюре з моркви в кексах у кількості 20% від маси цукру зі зменшенням його рецептурного вмісту. До рецептурного складу розроблених виробів входить цукор білий, що обмежує можливість їх споживання хворими на цукровий діабет. Для хворих на цукровий діабет потрібно розробляти БКВ із застосуванням низькоглікемічних цукрів і цукрозамінників та

збагачувати вироби необхідними для організму нутрієнтами, зокрема β -каротином.

Метою дослідження є визначення впливу лактитолу, ізомальтитолу, морквяного соку та пюре на структурні показники тіста і готових виробів, розроблення білково-збивного печива, бісквітів, кексів із застосуванням зазначених інгредієнтів.

Методи дослідження. Піноутворювальну здатність (ПУЗ) і стійкість піни (СП) визначали за методом Лур'є ПУЗ як відношення об'єму піни до об'єму розчину перед збиванням, виражене у відсотках; СП — як відношення висоти піни після вистоювання до початкової висоти, виражене у відсотках. В'язкість водних розчинів цукрів і цукрозамінників — за допомогою капілярного віскозиметра ВПЖ — 4. Поверхневий натяг визначали за методом каплі, що відривається. Органолептичні показники визначали за 5-бальною шкалою. Питомий об'єм кексів і бісквітів визначали як відношення об'єму, який вони займають, до їх маси. Показник глекемічності розраховували за методикою А. М. Дорохович [8].

Викладення основних результатів досліджень. Зараз на багатьох виробництвах, які спеціалізуються на випуску БКВ, використовують замість яєць сухі яєчні продукти: яєчний порошок, сухий жовток, сухий білок. Низка технологій білково-збивних виробів передбачає застосування сухого яєчного білка, відновленого водою. Вважаємо за доцільне відновлення сухого яєчного білка проводити соками, зокрема морквяним соком.

Застосування морквяного соку дасть змогу збагатити вироби β -каротином і матиме позитивний технологічний ефект. У [9] відзначається позитивний вплив овочевої сировини (капустяних, морквяних, бурякових соків і пюре) на піноутворювальну здатність (ПУЗ) яйцепродуктів.

У попередніх дослідженнях автора встановлено, що найкраща піноутворювальна здатність у разі співвідношення білок:морквяний сік 1:7 та 1:8.

Лактитол та ізомальтитол є цукрозамінниками з дуже низьким глікемічним індексом, що обумовлює доцільність їх застосування.

Було проведено дослідження із встановлення впливу лактитолу та ізомальтитолу на ПУЗ сухого яєчного білка, відновленого водою і морквяним соком за співвідношення 1:7 (рис. 1).

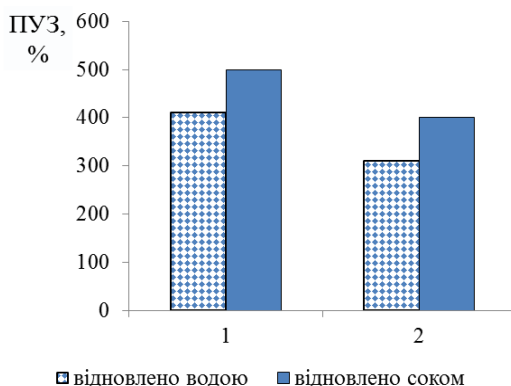


Рис. 1. ПУЗ відновленого сухого яєчного білка за наявності цукрозамінника

Аналіз отриманих даних показує, що відновлення сухого яєчного білка морквяним соком має позитивний вплив на ПУЗ суміші як на основі лактитолу, так і на основі ізомальтитолу. Досліди з визначення стійкості піни показали, що під час вистоювання піни з морквяним соком протягом двох годин не було відзначено істотного руйнування структури. Це можна пояснити тим, що наявність твердих часточок морквяного соку у піні призводить до зменшення синерезису внаслідок звуження каналів, збільшення шорсткості їх стінок і утворення «локальних» заторів із часточок, що не прилипли до пухирців повітря [10].

Визначено, що застосування морквяного соку не має істотного впливу на тривалість сушіння білково-збивного печива.

Частина підприємств виробляють білково-збивні вироби із застосуванням яєць. В цьому випадку може виникати питання щодо використання яєчного жовтка, який отримують після відділення яєчного білка. Вирішенням може бути використання яєчного жовтка сумісно з овочевими соками або пюре в технології інших видів борошняних кондитерських виробів, зокрема в бісквітах і кексах.

Бісквітне тісто відноситься до слабкоструктурованих піноподібних тістових мас. Важливим фактором, що впливає на якість готових бісквітів, є процес піноутворення. Тому доцільно визначити ПУЗ суміші, яка складалася з яєчного жовтка, морквяного соку та фруктози/лактитолу/ізомальтитолу.

Аналіз отриманих даних показав, що ПУЗ суміші на основі яєчного жовтка і морквяного соку практично відповідає ПУЗ сумішей на основі меланжу ~ 300%. Фруктоза, лактитол, ізомальтитол спричиняють зменшення ПУЗ суміші яєчний жовток-морквяний сік (табл. 2).

Таблиця 2. Максимальна ПУЗ і стійкість піни на основі яєчного жовтка, морквяного соку, цукрів і цукрозамінників

Досліджувана суміш яєчний жовток-морквяний сік	Максимальна ПУЗ, %	Стійкість піни (%), через	
		30 хв	90 хв
лактитол	270	98,5	91,5
фруктоза	260	98,0	86,0
ізомальтитол	230	100,0	97,0

Під час проведення досліджень щодо впливу морквяного соку на структурні характеристики бісквітів встановлено, що бісквіти, виготовлені на яєчному жовтку та морквяному соку, мають питомий об'єм на 5...6% більше, ніж бісквіти на меланжі, що є позитивним.

Використання яєчного жовтка та морквяного соку для виготовлення бісквітів зменшує тривалість їх термооброблення на 3...4%. Це може бути пояснено збільшенням кількості вільної води.

Для збагачення β-каротином кексів було застосовано морквяне пюре. Також визначити вплив морквяного пюре на густину кексового тіста, виготовленого на нативному яєчному жовтку та сухому яєчному жовтку. Було виготовлено дві тістові маси. У першій тісто готували за рецептурою кексу «Столичний» (контрольний зразок), у другій — використовували нативний яєчний жовток, відновлений морквяним пюре. Для того, щоб вироби можна було рекомендувати споживати хворим на цукровий діабет, використовували лактитол. Встановлено, що застосування морквяного пюре спричиняє ущільнення структури тіста на 5%

(табл. 3). Це можна пояснити наявністю в морквяному пюре харчових волокон. Тісто для кексів направляють на формування виробів відразу після замішування. На виробництві можуть бути форс-мажорні обставини, що призводять до перебоїв роботи обладнання. Тому було доцільно визначити зміну густини тіста протягом певного часу. Визначено, що збільшення густини контрольного зразка тіста та досліджуваних зразків відбувається на 2...3%.

Таблиця 3. Густина кексового тіста з пюре моркви

Показник		Тістова маса за рецептурою	
		1	2
Густина тіста, г/см ³	після замісу	0,93	0,98
	через 1 годину	0,95	1,01
Питомий об'єм кексу, см ³ /г		1,70	1,67

Встановлено, що використання морквяного пюре збільшує тривалість випікання на 5...6%. Уповільнення процесу випікання можна пояснити тим, що з морквяним пюре вноситься додаткова кількість харчових волокон, які ускладнюють процес передачі тепла та відділення вологи, що пов'язано з ущільненням структури тіста і збільшенням кількості зв'язаної вологи.

Для позиціонування харчових продуктів як оздоровчих, функціональних до їх складу повинно входити від 10 до 50% добової потреби у фізіологічно-функціональних інгредієнтах.

До рецептурного складу розроблених бісквітів і кексів входить ячний жовток, який містить вітамін А. В ячному білку, що застосовується в білково-збивному печиві, вітаміну А немає [11]. З урахуванням β-каротину морквяного пюре і морквяного соку [12], вітаміну А ячного жовтку було проведено розрахунок задоволення добової потреби у вітаміні А (β-каротин перераховано на вітамін А). При цьому було враховано, що під час термооброблення втрачається до 50% вітамінної активності β-каротину.

Враховуючи вміст лактитолу та ізомальту у виробах та безпечну норму їх споживання, можна рекомендувати споживати білково-збивне печиво у кількості 50 г, бісквіти та кекси — у кількості 100 г. У разі споживання 100 г бісквіту забезпечення добової потреби у вітаміні А буде на рівні 23,5%, кексу — 17,5%. Споживання 50 г розробленого білково-збивного печива забезпечить добову потребу у вітаміні А на 15%.

Висновок

Застосування морквяного соку та пюре у білково-збивному печиві, бісквітах, кексах дає змогу позиціонувати їх як вироби дієтично-функціонального призначення. Впровадження у виробництво таких виробів забезпечить розширення асортименту виробів цієї групи.

Література

1. Міжнародна діабетична федерація (IDF). URL: <http://www.idf.org>
2. Астамирова Х., Ахмонов М. Настольная книга диабетика. М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2001. 400с.
3. Дорохович А. М., Кобилінська О. В., Мурзін А. В., Кияниця С. Г. Технологія пастили, зефіру, маршмелу: навчальний посібник за редакцією Дорохович А. М., К.: фірма «ІНКОС», 2019. 428 с.

4. Кирпиченкова О. М., Оболкіна В. І. Розроблення технології здобного печива з поліпшеними споживчими властивостями. *Харчова промисловість*. Київ НУХТ, 2016. Вип. 19. С. 62—65.
5. Ребезов М. Б., Амирханов К. Ж., Асенова Б. К., Смольникова Ф. Х. Технологія и рецептура печенья овсяного «Солнечное». *Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та*. 2013. № 7(105). С. 94—97.
6. Задорожня О. С., Гавриш А. В., Доценко В.Ф. Удосконалення технології пісочного печива, збагаченого каротиновмісною сировиною. *Наукові праці НУХТ*. 2014. Том 20, № 2. С. 214—219
7. Антонюк І., Медведєва А. Технологія кексів підвищеної харчової цінності. URL: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2015_10_20_21/sekcija_4_tekhnichni_nauki/tekhnologija_keksi_v_pidvishhennoi_kharchovoi_cinnosti/29-1-0-493. 104.
8. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч. посіб. / за ред. проф. А. М. Дорохович і проф. В. М. Ковбаси. Фірма «ІНКОС», 2015. 632 с.
9. Артемова Е. Н. Пенообразующие и эмульгирующие свойства модельных систем ПАВ пищевых продуктов. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2001. № 4. С. 54—56.
10. Кругляков П. М., Ексерова Д. Р. Пены и пенные пленки. М.: Химия, 1990. 446 с.
11. Химический состав пищевых продуктов: Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов; под ред. проф. И. М. Скурихина и проф. М. Н. Волгарева. [2-е изд., перераб. и доп.]. М.: Агропромиздат, 1987. 360 с.
12. Самсонова Л. Н. Фруктовые и овощные соки. Агропромиздат, 1990. 287 с.

CHARACTERISTICS OF RESOURCE COMPONENTS OF
INNOVATIVE ENTERPRISE TO PRODUCE FROZEN
FRUIT AND BERRIES

G. Simakhina, S. Kaminska, L. Lytvynets

National University of Food Technologies

Key words:

*Innovative project
Resource components
Fruit and berry raw
materials
Technology
Freezing
Forecasting*

Article history:

Received 03.12.2019
Received in revised form
19.12.2019
Accepted 13.01.2020

Corresponding author:

G. Simakhina
E-mail:
top_nuft@ukr.net

ABSTRACT

Prognostics at the new foodstuffs market is believed to be the complex methodological problem which required a lot of scientific works to be solved. Their authors are convinced that the index of consumers' demand for the new foodstuffs can be influenced by various factors. It is difficult to regard all of them; therefore, we should concentrate on those main which actually determine the adequate volumes of the new products in accordance with foreseen demand for them. For instance, the foreign experience shows that about 50 percents of the new products cannot find their relevant consumer at the market.

The thought aforesaid fully concern the new rapid-frozen fruit and berry half products which are obtained by the technology elaborated at our institution. Biochemical and organoleptic characteristics of both frozen and defrosted materials prove their high quality, the proper level of safety, and flawless taste indices. Along with that, to foresee the market of frozen foods realization, it is necessary to estimate the direct and reverse connections between the separate components of target innovative project designed by us in order to provide the unity of organizational, technological, and economical aspects of obtaining and evaluation of frozen fruit and berries. This became the objectives of this work. The main attention is paid to the characteristics of innovative potential, innovative climate, technical level of the products designed, and the provision of the proper level of realization.

The studied interactions of resource components of the innovative enterprise to produce the frozen fruit and berry half products make possible to evaluate the preconditions of realization dynamics for the products at the domestic market. Hereinafter, the analysis of such interactions can be used to improve the certain stages of frozen fruit and berries obtaining, to outline the processes' parameters, and to avoid the probable risks threatening the innovative climate.

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСУРСНИХ СКЛАДОВИХ ІННОВАЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА ЗАМОРОЖЕНИХ ПЛОДІВ І ЯГІД

Г. О. Сімахіна, С. В. Камінська, Л. Ф. Литвинець
Національний університет харчових технологій

Прогнозування ринку нових продуктів — складна методологічна проблема, вирішенню якої присвячено велику кількість праць, автори яких переконані в тому, що на величину потреби споживачів у нових продуктах впливають різноманітні чинники. Врахувати всі досить складно, тому доцільно сконцентрувати увагу на основних, які, власне, і визначають адекватні обсяги нової продукції відповідно до прогнозованого попиту на неї. Так, зарубіжний досвід показує, що близько 50% нових продуктів не знаходять збуту на ринках.

Значені міркування повною мірою стосуються нових швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, отриманих за запропонованою у цій статті вдосконаленою технологією. Біохімічні та органолептичні характеристики як заморожених, так і дефростованих матеріалів свідчать про їхню високу якість, належний рівень безпеки, бездоганні смакові показники. Водночас для прогнозування ринку збуту замороженої продукції необхідно оцінити прямі і зворотні зв'язки між окремими складовими цільового інноваційного проекту, розробленого для забезпечення єдності організаційних, технологічних, економічних аспектів отримання й оцінки заморожених плодів та ягід, що й стало метою запропонованого дослідження. Основну увагу акцентовано на характеристиці інноваційного потенціалу, інноваційного клімату, технічного рівня розробленої продукції, споживчих властивостей, забезпечення належного рівня збуту.

Розглянуті взаємозв'язки ресурсних складових інноваційного підприємства з виробництва заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів надають можливість уже на початковому етапі його організації оцінити передумови динаміки реалізації продукції на вітчизняному ринку. В подальшому аналіз таких взаємозв'язків можна використати для вдосконалення окремих етапів отримання заморожених плодів і ягід, уточнення параметрів процесів, запобігання можливим ризикам інноваційного клімату.

Ключові слова: *інноваційний проект, ресурсні складові, плодово-ягідна сировина, технологія, заморожування, прогнозування.*

Постановка проблеми. Сучасний ринок харчових продуктів відзначається прагненням до нововведень як у галузі технологій, так і розробленні нових продуктів, які відповідають основним принципам здорового харчування: якість, безпека, ефективність. В економічній науці термін «інновація» запровадив Й. Шумпетер, який визначив його як здійснення нових комбінацій, здійснення нововведень [1]. В Україні результати інноваційного процесу визначено законодавчо [2].

З точки зору авторів [3], інноваційний процес не закінчується впровадженням, тобто першою появою на ринку нового продукту або доведенням нової технології до проектної потужності. Інновації теж повинні постійно вдоскона-

люватись, адже життєвий цикл кожного продукту має свої межі. Інноваційний процес на основі визначених особливостей і закономірностей представлено як спосіб організації й управління інноваційною діяльністю [4], яка, своєю чергою, розглядається як набір функціональних елементів (функцій) інноваційного підприємства. В подальшому викладі матеріалу ми назвали ці елементи *ресурсними складовими* інноваційного підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів за розробленою технологією із застосуванням методів кріопротекції [5]. Вона забезпечила отримання заморожених плодів і ягід з більш досконаліми споживчими властивостями, високими органолептичними характеристиками, абсолютною безпекою для споживачів. Це дає змогу відкривати нові сфери використання такої продукції, нові ринки, нових споживачів і забезпечує нові можливості інноваційному підприємству для подальшого розвитку та вдосконалення.

Зрозуміло також, що інноваційне підприємство повинне не лише відповідати технологічним вимогам, якості та безпеки отриманої продукції, а й відзначатись комерційною привабливістю. Тому формування організаційних, технологічних та економічних вимог до діяльності інноваційного підприємства з виробництва заморожених плодів і ягід, взаємопов'язаних та взаємозумовлених, з дослідженням ринку інновацій, ринку ресурсів, ринку збуту тощо є актуальним завданням для галузей харчової та переробної промисловостей, а в контексті цієї статті — для консервної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інновації, нововведення, інноваційна діяльність та інноваційна політика — це нові категорії, які з'явилися в умовах ринкових відносин. «Щоб мати майбутнє, треба бути готовим зробити щось нове», — сказав ще 1909 р. Пітер Друкер, американський спеціаліст із менеджменту. Цю тему продовжив Йозеф Шумпетер, австро-американський економіст і соціолог: «Прибуток може бути отриманий лише в результаті переваг, які дає інновація». Сьогодні у діловому світі цю тезу називають теоремою Шумпетера.

Для реалізації поставлених перед харчовою промисловістю завдань оптимальним шляхом розвитку технологій та економіки є інноваційний шлях, який супроводжується постійним оновленням технологій, товарів і послуг різноманітного призначення, ростом їх конкурентоспроможності як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках, стабілізацією і розширенням ринків збуту, а отже, зростанням зайнятості населення, ефективним використанням науково-технічного потенціалу і стимулюванням його росту [6].

Ключовими поняттями у створенні інноваційних підприємств є *інноваційний потенціал* та *інноваційний клімат*. Інноваційний потенціал розглядається як джерело розвитку підприємства [7], відображає впровадження інноваційних процесів. Це поняття постійно розвивається та уточнюється завдяки теоретичним, методологічним і емпіричним дослідженням. Інноваційний клімат у [8] пропонується розглядати як трикомпонентну систему, що поєднує інтереси й уподобання споживачів, рівень розвитку ринків сировини, технологій, збуту тощо; конкуренцію і баланс конкурентних сил.

Водночас ці поняття, як і поняття інновацій, досі не мають остаточного визначення. Особливо це стосується інновацій і відповідної термінології у харчовій промисловості. Тому **метою дослідження** є формулювання основних засад організаційного, технологічного та економічного аспектів у вигляді послідов-

ності логічно виділених етапів — ресурсних складових, які в сукупності характеризують реальне впровадження інновацій у харчову промисловість.

Викладення основних результатів дослідження. Істотну роль у дослідженні інноваційного процесу виробництва заморожених напівфабрикатів відіграють питання створення послідовності технологічних, організаційних та економічних етапів, які в деяких літературних джерелах називаються моделюванням інноваційного процесу [9]. Ми назвали їх ресурсними складовими, адже кожна з них відображає особливості дії основних чинників впливу на організацію виробництва та контроль цільової продукції (рис. 1). Оцінка складників спрямована на підтвердження реальної можливості організувати інноваційне підприємство з отримання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, яке і застосовує нововведення, та орієнтоване на подальше вдосконалення, готове приймати ефективні рішення з подолання бар'єрів і ризиків.



Рис. 1. Технологічні, організаційні та економічні аспекти діяльності інноваційного харчового підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів

Такий підхід значною мірою здатний ліквідувати розрив між очікуваними результатами діяльності підприємства та фактичними.

Результат інноваційного процесу автори [3] розглядають за трьома рівнями:

- торгівля і обіг об'єктів інтелектуальної власності;
- виробництво та продаж інноваційних товарів і послуг;
- виробництво і продаж інноваційних підприємств.

Виходячи із завдань, які стоять перед індустрією здорового харчування в Україні [10], логічним є орієнтація діяльності інноваційного підприємства саме на виробництво та реалізацію швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, призначених для подолання дефіциту основних біокомпонентів у раціонах харчування населення в міжсезонний період за відсутності свіжої сировини.

Згідно із запропонованим на рис. 1 алгоритмом, організація інноваційного харчового підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів розпочинається з двох ресурсних складових: інноваційного потенціалу та інноваційного клімату. Наводимо характеристику кожної з них.

Інноваційний потенціал забезпечує створення і розвиток інноваційної діяльності підприємства з виробництва замороженої плодово-ягідної продукції завдяки висококваліфікованим співробітникам, які однаковою мірою знають ся на технологіях оздоровчих продуктів, резервних можливостях сільськогосподарської сировини та значенні харчових продуктів для здоров'я людини. Важливе значення мають економічні й технологічні можливості підприємства, наявність інформаційних і нормативно-правових баз для впровадження інновації, в цьому разі — технології заморожування з використанням кріопротекторів. Впровадження цієї технології планується на сучасних підприємствах, обладнаних камерами з технологічними лініями для шокового заморожування, з мінімальними доповненнями. Економічні можливості підприємства орієнтовані на розширення асортименту швидкозамороженої продукції.

Інноваційний клімат. Сприятливий інноваційний клімат на підприємстві забезпечується шляхом запобігання можливим ризиком (поява нових конкурентів, розвиток нових технологій, зменшення ринків збуту, втрата фінансової спроможності тощо) при виробництві та реалізації плодово-ягідних заморожених напівфабрикатів. У таблиці наведено можливі ризики і засоби їх попередження.

Таблиця. Оцінка ризиків інноваційного клімату на підприємстві та засоби їх попередження

Вид ризику	Засоби попередження
1	2
Ринок сировини	Плодово-ягідна сировина досить розповсюджена на території України з можливістю вибору сортів і видів, найбільш придатних для заморожування
Ринок технологій	Технологія отримання швидкозаморожених плодів і ягід реалізується на існуючих технологічних лініях, обладнаних камерами для шокового заморожування, і потребує лише дообладнання установкою для оброблення сировини розчинами кріопротекторів
Ринок праці	Фахівці, які працюють на консервних підприємствах, потребують мінімальної перекваліфікації щодо інновацій у технології заморожування плодів і ягід з використанням кріопротекції

1	2
Ринок збуту	Отримані за вдосконаленою технологією заморожені плоди і ягоди відзначаються високими споживчими та якісними показниками, належними органолептичними характеристиками, що задовольнятиме харчові та смакові уподобання споживачів. Такої продукції на ринку України поки що дуже мало, тому вона матиме належний попит. Більш того, торговельні мережі, підвищуючи асортиментний потенціал, створять міжрегіональні засоби розповсюдження даної продукції
Ринок фінансів	Запропоноване інноваційне підприємство передбачає ріст прибутковості за рахунок постійного розширення виробництва заморожених плодів та ягід; збільшення ринку збуту продукції, оскільки певний час вона буде єдиною в сегменті заморожених напівфабрикатів, отриманих з використанням методів кріопротекції

Розроблення і виробництво високоякісних плодово-ягідних напівфабрикатів. Ця ресурсна складова характеризує особливості заморожених плодів і ягід, отриманих під прикриттям кріопротекторів [11].

Іміджмейкінг. Створенню належного іміджу підприємства сприяє передусім якість замороженої продукції, її абсолютна безпека для споживачів, високі смакові показники та доведена ефективність у нормалізації функціонування систем організму людини. Значну роль відіграє поширення цієї інформації через бренд, який буде запатентований та зрозумілий для споживачів. Цей захід має зацікавити не лише споживачів продукції, а й висококваліфікованих фахівців, постачальників і реалізаторів з точки зору участі у реалізації даного проекту.

Організація сервісу. Планується здійснювати продаж заморожених напівфабрикатів у фірмових магазинах великих міст, у роздрібній мережі на периферії шляхом забезпечення транспортного постачання до малонаселених регіонів, та постійного поширення інформації щодо корисності цієї продукції. Передбачається розміщення реклами на автотранспорті та в торговельних мережах. Важливим чинником організації сервісу є доступна інформація про якісний склад плодів і ягід, вплив їхніх основних компонентів на поліпшення стану здоров'я людини, оцінку заморожених напівфабрикатів як єдиного джерела вітамінів у міжсезонний період за відсутності свіжої сировини.

Ціноутворення. Позиціонуючи заморожені плодово-ягідні напівфабрикати на ринку, слід зазначити, що за вартістю така продукція неістотно буде відрізнятися від традиційної, оскільки для кріопротекції взято дешеві природні сполуки (глюкоза, фруктоза, сахароза, гліцерин тощо), які забезпечують високий ефект кріозахисту клітин і тканин біооб'єктів як при заморожуванні, так і впродовж тривалого зберігання та дефростації. Використана в технології сировина широко розповсюджена на території України, недорога, високоврожайна, що також зумовлює низьку вартість продукту, доступного для середнього споживача.

Маркетингові дослідження. Має бути створено розгалужену мережу маркетингової служби, яка забезпечить детальне вивчення каналів збуту продукції, оцінку її конкурентоспроможності як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, а також місце інноваційного підприємства серед аналогічних.

Мерчендайзинг. Ця ресурсна складова передбачає створення команди фахівців, здатних організувати оптимальне розташування продукції в торговельних

мережах та підвищувати її збут. Велике значення має також компактна, яскрава упаковка з детальною інформацією про позитивні якості заморожених плодів і ягід, отриманих з використанням методів кріопротекції.

Стимулювання збуту продукції. Планується проводити інформаційні заходи, презентації, тренінги з обов'язковим обґрунтуванням доцільності і необхідності вживання заморожених плодів і ягід за відсутності свіжої сировини всіма віковими категоріями, а також періодично проводити різного роду акції та знижки на продукцію для зацікавлених споживачів.

Дуже важливим є добір продавців нової продукції, грамотних і компетентних. Вони зобов'язані знати всі якісні та кількісні характеристики продукту, технологію його виробництва, відмінність від усіх відомих раніше продуктів і його переваги; наявність основних біокомпонентів плодів і ягід (вітамінів, мінеральних елементів тощо); обов'язково вміти дати пораду з правил споживання такої продукції, умов її зберігання, можливі протипоказання. Продавці мають бути комунікабельними, володіти грамотною мовою, необхідною термінологією; вміти представити якнайкраще заморожену плодово-ягідну продукцію, щоб покупець повірив у її оздоровчі властивості.

Контроль сировини та продукції. Безпека продукції забезпечується управлінням її виробництва на всіх етапах життєвого циклу із застосуванням принципів НАССР, оцінкою механічних, хімічних, мікробіологічних ризиків і розробленням способів їх запобігання.

Моніторинг інноваційної діяльності. Ця складова є обов'язковою для забезпечення діяльності і розвитку підприємства. Вона полягає у зборі інформації про виробництво та реалізацію замороженої продукції; збір, оброблення, аналіз стану інноваційних процесів на підприємстві та аналогічних виробництвах; оброблення результатів фінансової та технологічної діяльності для прогнозування подальшого розвитку підприємства.

Оцінка конкурентного потенціалу продукції полягає у порівнянні основних властивостей плодів і ягід, заморожених за розробленою нами вдосконаленою технологією, з продукцією, отриманою за традиційними технологіями. Також буде оцінено якість продукції та її упаковку з урахуванням думки споживачів.

Оцінка економічної та соціальної ефективності заморожених за вдосконаленою технологією плодів та ягід. Економічна ефективність оцінюється результатами фінансових звітів торговельних мереж, підрозділів і власне підприємства за певні періоди діяльності, що надає можливість оцінити рентабельність виробництва. Соціальна ефективність полягає у поліпшенні стану здоров'я споживачів, подоланні вітамінного дефіциту, запобіганні мікроелементозам, що сприятиме оздоровленню української нації та вирішенню проблем продовольчої безпеки.

Висновки

У сучасних умовах інноваційний шлях розвитку України є єдино доцільним, економічно обґрунтованим, підтвердженим багаторічною діяльністю індустриально розвинених країн світу. Це однаково стосується всіх галузей суспільного життя.

Важливого значення набуває інноваційний розвиток у харчових технологіях, де цілеспрямований пошук, формування і реалізація інновацій дають змогу отримати нове покоління харчових продуктів, яке відповідає принципам здорового харчування і формулі харчування XXI століття — якість, ефективність та абсолютна безпека для споживача. Особливості інноваційного розвитку показано на прикладі формування підприємства з виробництва швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів.

Розвиток інноваційного шляху харчової промисловості зумовлює необхідність накопичення всебічних знань у галузі функціональних і прикладних наук — біохімії, мікробіології, біотехнології, фізіології, нутриціології; оволодіння економічними, законодавчими, нормативно-правовими документами; освоєння прикладних науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, на основі яких створюються інноваційні технології та необхідні для їх реалізації технічні засоби й обладнання.

Інновації у харчових виробництвах на нинішньому етапі мають посилено впроваджуватись передусім у виробництві оздоровчих харчових продуктів, частка яких на світовому ринку постійно зростає, а в Україні не перевищує 2...3% від загального обсягу харчової продукції. Це є особливо актуальним у зв'язку зі вступом України до Світової організації торгівлі і широкими можливостями виробництва та реалізації експортно-орієнтованої продукції, в тому числі швидкозамороженої.

На всіх етапах формування і розвитку інноваційної доцільності у харчовій промисловості ключова роль відводиться науці, оскільки лише наукові підходи, науково обгрунтовані рішення забезпечують ефективне розв'язання найважливіших проблем харчових виробництв у сучасних умовах. У цьому дослідженні таким інноваційним науковим рішенням є використання методів кріопротекції при заморожуванні плодів і ягід.

Кінцевим результатом усього процесу діяльності інноваційного харчового підприємства, в тому числі з виробництва заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів, є технологічно новий або технологічно вдосконалений продукт, який характеризується необхідною сукупністю основних показників якості та безпеки: енергетичною та харчовою цінністю, що визначається якісним і кількісним співвідношенням нутрієнтів у складі плодів та ягід; їх адекватними кількостями; харчовою безпекою (хімічною, мікробіологічною, збалансованим складом нутрієнтів).

Україна має всі необхідні економічні та соціальні передумови для формування і розгортання інновацій у харчових виробництвах. Це надає можливість прогнозувати досить інтенсивний розвиток нового, однак конче необхідного для України шляху.

Література

1. Шумпетер Й. Теория экономического развития (исследовано предпринимательской прибыли капитала, кредита, проекта и цикла конъюнктуры) / пер. с нем. В. С. Автономова. Москва: Прогресс. 1982. 456 с.

2. Закон України «Про інноваційну діяльність» Відомості Верховної Ради України. 2002. № 36. Ст. 266.

3. Федулова І. В., Кундеева Г. О. Інноваційний потенціал підприємства. Київ: МВЦ «Медікформ». 2010. 348 с.
4. Баранчев В. П. Стратегический и инновационный менеджмент: основные матрицы. URL: <http://www.innovatira.net/matam.ppt>.
5. Українець А. І., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В., Камінська С. В. Заморожені плодово-ягідні напівфабрикати: якість, ефективність, безпека. Київ: Сталь, 2019. 375 с.
6. Єременко І. Ф. Комплексна система управління інноваційними процесами. *Актуальні проблеми економіки*. 2005. № 6. С. 95—99.
7. Трефилова А. А. Анализ инновационного потенциала предприятия. *Инновации*. 2003. № 6. С. 67—72.
8. Кундеева Г. А., Федулова І. В. Роль диффузии в инновационном процессе. *Вісник Хмельницького нац. університету*. 2007. № 4. С. 178—180.
9. Науменко Е. О. К вопросу о моделях управления инновационным процессом на предприятиях в современных условиях. URL: (дата звернення)
10. Українець А. І., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Перспективні технологічні процеси виробництва нових продуктів та дієтичних добавок: підручник. Київ: НУХТ, 2018. 335 с.
11. Сімахіна Г. О., Халапсіна С. В. Ефективність використання кріопротекторів при заморожуванні дикорослих і культивованих ягід. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т. 23, № 3. С. 179—185.

УДК637.5.05/07:637.56

RESEARCHING OF CONSUMER AND BIOLOGICAL
VALUE OF MEAT-CONTAINING SEMI-FINISHED MINCED
PRODUCTS

N. Bozhko

Sumy State University

V. Tischenko

Sumy National Agrarian University

V. Pasichnyi

National University of Food Technologies

Key words:

*Meat-containing semi-
finished products,
Duck meat,
Freshwater fish,
Biological value*

Article history:

Received 11.12.2019

Received in revised form
24.12.2019

Accepted 17.01.2020

Corresponding author:

V. Pasichnyi

E-mail:

pasww1@ukr.net

ABSTRACT

The purpose of the study was to develop a formulation of a new type of meat-containing chopped semi-finished products by optimizing the traditional formulation by combining waterfowl meat and freshwater aquaculture, to analyse the consumer and biological value of the obtained products. The subject of the research was semi-finished products with the following recipe: Muscovy duck meat (*Cairinamoschata*) (20.5%), minced fish from carassius (*Carassiusgibelio*) (39.5%), wheat bread (12%), bread crumbs (4%), onions (1.5%), chicken eggs (2%), spices.

The combination of waterfowl and regional aquaculture meat allow to create semi-finished meat-containing product with high consumer and biological value. The study of the nutritional value of semi-finished products showed a high protein content of 12.15% and a low fat content of 7.03%, the amount of energy per 100 g of the product was 143 kcal, it allows them to be attributed to low-calorie low-fat diet products. The carbohydrate content in the developed semi-finished products was 7.79 g per 100 g of the finished product due to the use of wheat bread and bread crumbs in the recipe. Carbohydrates are predominantly starch, the content of which is not regulated by the regulatory documents in meat-containing culinary preparations.

The study of the amino acid composition of meat-containing chopped semi-finished products has shown that these products are a valuable source of all essential amino acids, the proportion of which exceeds the ratio of essential amino acids in the ideal protein. Patties are characterized by a large proportion of lysine, phenylalanine and tyrosine.

Analysis of the fatty acid composition of meat-containing chopped semi-finished products confirms that these products contain a high concentration of monounsaturated fatty acids — 46.23 g/100 g of fat, and PUFA — 23.55 g/100 g of fat, which is a risk of oxidative spoilage. The use of duck meat and freshwater aquaculture in the formulations does not cause a risk for microbiological safety for the consumer.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-17

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВЧОЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ М'ЯСОМІСТКИХ ПОСІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Н. В. Божко

Сумський державний університет

В. І. Тищенко

Сумський національний аграрний університет

В. М. Пасічний

Національний університет харчових технологій

У статті розроблено рецептуру нового типу м'ясомістких посічених напівфабрикатів шляхом оптимізації традиційної рецептури поєднанням м'яса водоплавних птахів і прісноводних аквакультур, проведено аналіз споживчої та біологічної цінності отриманих продуктів. Предмет дослідження — напівфабрикати з таким рецептурним складом: м'ясо качки мускусної (*Cairina moschata*) (20,5%), рибний фарш з карася сріблястого (*Carassius gibelio*) (39,5%), хліб пшеничний (12%), сухарі (4%), цибуля (1,5%), курячі яйця (2%), спеції. Поєднання м'яса водоплавної птиці та регіональної аквакультури дає змогу створити м'ясомісткий напівфабрикат з високою споживчою та біологічною цінністю. Дослідження харчової цінності напівфабрикатів показало, що високий вміст білка (12,15%) та низька жирність (7,03%) і калорійність (143 ккал/100 г) дає змогу віднести їх до низькокалорійних дієтичних продуктів. Вміст вуглеводів у розроблених напівфабрикатах становив 7,79 г на 100 г готового продукту за рахунок використання пшеничного хліба та панірувальних сухарів у рецептурі. Вуглеводи представлені переважно крохмалем, вміст якого не регламентований нормативними документами в кулінарних продуктах.

Вивчення амінокислотного складу м'ясомістких подрібнених напівфабрикатів показало, що цей продукт є цінним джерелом усіх незамінних амінокислот, частка яких перевищує співвідношення незамінних амінокислот в ідеальному білку. Котлети характеризуються значним вмістом лізину, фенілаланіну й тирозину.

Аналіз жирнокислотного складу м'ясомістких подрібнених напівфабрикатів підтверджує, що в продукті міститься мононенасичених жирних кислот — 46,23/100 г жиру, а поліненасичених — 23,55/100 г жиру, що є ризиком окисного псування. Застосування м'яса качки та прісноводної аквакультури в рецептурі не становить мікробіологічної небезпеки для споживача.

Ключові слова: напівфабрикати з м'яса, м'ясо качки, прісноводна риба, біологічна та харчова цінність.

Постановка проблеми. В останні роки у сфері громадського здоров'я населення України сформувались негативні тенденції. Основну роль у цьому відіграють чинники ризику розвитку хронічних неінфекційних захворювань, насамперед нераціональне харчування, яке спричиняє збільшення частки людей

з надмірною масою тіла з ознаками ожиріння, холестеринемію, високий рівень артеріального тиску, гіподинамію [1; 2]. Серцево-судинні захворювання продовжують займати значне місце в структурі смертності громадян України (62,5%) [3]. Найчастіше основним фактором розвитку зазначених станів є дисліпідемія, тобто розлад складу та/або функції ліпопротеїнів і ліпідів крові, здатних проковувати розвиток атеросклеротичного процесу. Основною причиною виникнення дисліпідемії є порушення умов харчування та шкідливий спосіб життя [4]. Недостатнє надходження поліненасичених вищих жирних кислот (ПНЖК), антиоксидантів, фітостеринів призводить до збільшення рівня холестерину та ліпопротеїдів низької щільності у крові, що значно підвищує ризик розвитку атеросклерозу і, відповідно, серцево-судинних захворювань [5; 6].

Головним напрямком політики України у сфері громадського здоров'я стала розробка технології продуктів, які мають раціональну збалансованість хімічного складу, запобігаючи таким чином різноманітним захворюванням [7]. Одним із шляхів вирішення поставленого завдання може стати розробка нових рецептур та удосконалення технології виробництва фаршевих м'ясомістких виробів із використанням прісноводної аквакультури. Це дає змогу виробляти продукти, збалансовані за складом білка по вмісту незамінних амінокислот та з підвищеною біологічною ефективністю (збалансованістю складу ліпідів).

Метою дослідження є розробка рецептурного складу нового виду м'ясомістких посічених напівфабрикатів шляхом оптимізації традиційної рецептури за рахунок комбінування м'яса водоплавної птиці і прісноводної аквакультури та аналіз споживчої й біологічної цінності отриманої продукції.

Матеріали і методи. З метою удосконалення технології м'ясомістких продуктів було проведено моделювання і виготовлення трьох рецептур м'ясомістких січених напівфабрикатів з м'ясом водоплавної птиці та регіональної аквакультури [8]. Основними інгредієнтами рецептури посічених м'ясомістких напівфабрикатів були м'ясо качки Мускусної (*Cairinamoschata*) (20,5%), фарш рибний з м'яса карася сріблястого (*Carassiusgibelio*) (39,5%), хліб пшеничний (12%), панірувальні сухарі (4%), цибуля ріпчаста (1,5%), яйця курячі (2%), спеції.

За результатами досліджень функціонально-технологічних показників та органолептичної оцінки продуктів було визначено оптимальний варіант рецептури і проведено дослідження споживчої та біологічної цінності продукту за амінокислотним складом, біологічної ефективності — жирнокислотним складом і — показниками мікробіологічної безпеки.

При проведенні досліджень використані традиційні методи досліджень: визначення масової частки білка за методом К'ельдаля згідно з ДСТУ ISO 1871:2003, вміст жиру за методом Сокслета згідно з ДСТУ ISO 1443:2005, загальна частка мінеральних речовин методом озолення. Визначення вмісту амінокислот у напівфабрикатах проводили методом іонообмінної колонкової хроматографії за допомогою амінокислотного аналізатора «BIOTRONIK» (Німеччина) [9]. Жирнокислотний склад визначали методом газорідинної хроматографії за допомогою автоматизованого газового хроматографа Купол-55 [10].

Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів визначали згідно з ДСТУ 8446:2015. Виявлення БГКП (коліформних бактерій) проводили згідно з ДСТУ 8446:2015.

Викладення основних результатів дослідження. В табл. 1 представлені результати дослідження харчової цінності розроблених напівфабрикатів.

Таблиця 1. Показники харчової цінності розроблених напівфабрикатів

Найменування	Значення
Вміст білка, г/100 г	12,15±0,08
Вміст жиру, г/100 г	7,03±0,07
Вміст вуглеводів, г/100 г	7,79±0,05
Вміст мінеральних речовин, г/100 г	1,23±0,09
Енергетична цінність, кКал/100 г	143,03

Аналіз даних, представлених у табл. 1, свідчить, що загальний вміст білка в котлетах становив 12,15 г/100 г продукту, при цьому вміст жиру склав 7,03%. Згідно з Мінімальними специфікаціями якості основних продуктів тваринного походження [11] масова частка білка в напівфабрикатах м'ясомістких кулінарних повинна бути не менше ніж 7%, отже, розроблений продукт відповідає нормативним вимогам. Масова частка жиру при цьому не нормується. У розроблених напівфабрикатах за рахунок використання в рецептурі хліба пшеничного та панірувальних сухарів вміст вуглеводів становив 7,79 г на 100 г готового продукту. Вуглеводи представлені переважно крохмалем, вміст якого в м'ясомістких кулінарних напівфабрикатах не регламентується нормативними документами.

Розрахунок енергетичної цінності показав, що кількість енергії в 100 г продукту становила 143 кКал, тобто м'ясомісткий напівфабрикат можна віднести до низькокалорійних продуктів харчування.

Хроматограма амінокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів наведена на рис. 2.

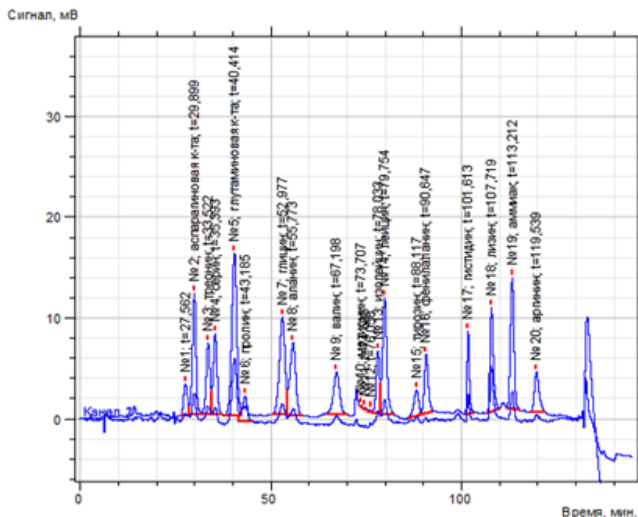


Рис. 2. Хроматограма амінокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів

Проведені дослідження кількості незамінних амінокислот м'ясомістких посічених напівфабрикатів дали змогу ідентифікувати всі незамінні амінокислоти.

Дані рис. 1 свідчать, що серед незамінних амінокислот високим вмістом відрізняється фенілаланін+тирозин — 7,98 г/100 г продукту та лізин — 8,81 г в 100 г напівфабрикатів.

Результати дослідження амінокислотного скору білків розроблених посічених м'ясомістких напівфабрикатів наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Результати дослідження біологічної цінності білків м'ясомістких посічених напівфабрикатів

№	Назва	Еталон (ФАО/ВООЗ), г/100 г білка	Вміст, г/100 г продукту	Вміст, г/100 г білка	Амінокислотний скор, %
1	Валін	5,0	0,68	5,59	111,80
2	Метіонін	1,8	0,23	1,89	105,00
3	Ізолейцин	4,0	0,63	5,19	129,75
4	Лейцин	7,0	1,10	9,05	129,34
5	Фенілаланін+Тирозин	6,0	0,97	7,98	133,06
6	Лізин	5,5	1,07	8,81	160,18
7	Треонін	4,0	0,62	5,10	127,57
	КРАС, %	0,0			23,10

Оцінка якості білка за амінокислотним скором (табл. 2) показала, що лімітуючі амінокислоти в розробленому продукті відсутні. Амінокислотний скор усіх незамінних амінокислот є вищим за 100% і коливається від 105,00% за метіоніном до 160,18% за лізином.

Амінокислотний склад м'ясомістких посічених напівфабрикатів показує, що цей продукт є цінним джерелом усіх незамінних амінокислот і за значенням критерію розбалансованості амінокислотного складу (КРАС) є достатньо збалансованим [12; 13].

Розроблена рецептура котлет відрізняється значною часткою лізину, який метаболізується у м'язову тканину стимулює розумову діяльність і активність, бере участь у синтезі глікогену та пантотенової кислоти [14]. В табл. 3 та на рис. 3 представлені результати досліджень жирнокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів.

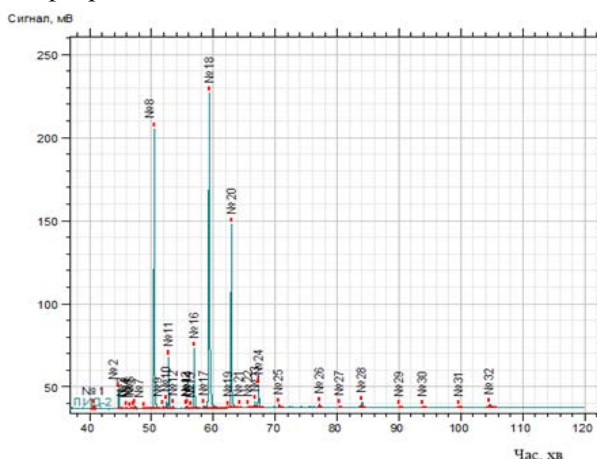


Рис. 3. Хроматограма жирнокислотного складу м'ясомістких напівфабрикатів

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Жирнокислотний склад ліпідів розроблених напівфабрикатів представлений насиченими та ненасиченими високомолекулярними карбоновими кислотами, найбільший вміст серед яких складала пальмітинова, стеаринова, олеїнова і лінолева відповідно. Загалом було ідентифіковано 23 жирних кислоти.

Таблиця 3. Результати досліджень біологічної ефективності ліпідів м'ясомістких посічених напівфабрикатів

Позначення жирної кислоти	Назва жирної кислоти	Масова частка жирної кислоти, %
Насичені жирні кислоти (НЖК)		
C8:0	Каприлова	0,026
C10:0	Капринова	0,060
C12:0	Лауринова	0,230
C14:0	Тетрадеканова (міристинова)	1,622
C15:0	Пентидеканова	0,072
C16:0	Гексадеканова (пальмітинова)	18,586
C17:0	Гептадеканова (маргарінова)	0,542
C18:0	Октадеканова (стеаринова)	6,385
C20:0	Ейкозанова (арахісова)	0,540
C21:0	Генейкозанова	0,271
C22:0	Бегенова	0,034
C24:0	Лігноцеринова	0,714
Разом		29,08
Мононенасичені жирні кислоти (МНЖК)		
C14:1т	Транс-тетрадецена	0,359
C14:1	Цис-тетрадецена	0,385
C16:1т	Транс-гексадецена	1,115
C16:1	Цис-гексадецена (пальмітолеїнова)	4,446
C17:1	Гептадецена (маргарінолеїнова)	0,114
C18:1т	Транс-октадецена	1,556
C18:1	Цис-октадецена (олеїнова)	37,422
C24:1	Цис-15-тетракозена	0,829
Разом		46,23
Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК)		
C18:2т	Транс-октадекадієнова	0,027
C18:2 н6	Цис-октадекадієнова (лінолева)	20,626
C18:3н6	Цис-6,9,12-октадекатрисінова (гамма-ліноленова)	0,188
C18:3н3	Цис-9,12,15-октадекатрисінова (альфа-ліноленова)	0,194
C20:1н9	Цис-11-ейкозена (гадолеїнова)	1,811
C20:3н3	Цис-11,14,17-ейкозатрисінова	0,283
C20:4н6	Арахідонова	0,367
C20:5н3	Цис-5,8,11,14,17-ейкозапентаєнова	0,058
Разом		23,55

Біологічна цінність жирів визначається поліненасиченими жирними кислотами (ПНЖК), що входять до їх складу і які ще називаються вітаміном F. ПНЖК відносяться до незамінних факторів харчування, оскільки не утворюються в організмі і повинні надходити з їжею.

Жирнокислотний склад розроблених м'ясомістких напівфабрикатів представлений, переважно, пальмітиновою (18,59%), стеариною (6,39%) та пальмітоолеїною (4,45%) кислотами, ненасичені — олеїною (37,42%), лінолевою (20,63%), гадолеїною (1,81%) кислотами. Аналіз жирнокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів підтверджує, що цей продукт містить цис-ізомер олеїнової кислоти в котлетах на рівні 37,42 г/100 г жиру. Загальна сума ПНЖК становила 23,55 г/100 г жиру, в тому числі спостерігався високий вміст лінолевої кислоти цис- і трансконфігурацій (20,65 г/100 г), яка відноситься до родини ω -6.

Харчова цінність сучасних м'ясних і м'ясомістких виробів визначається насамперед вмістом білка. З іншого боку, все більшої популярності набувають вироби з низькою часткою жиру. Заміна напівжирної свинини на м'ясо качки і прісноводної аквакультури дає змогу підвищити вміст протеїну в напівфабрикатах на рівні 12,15% при одночасному використанні більш дешевих видів сировини та знизити концентрацію жирової частки до 7,03%. З огляду на відносно високий вміст білка розроблені вироби можуть бути використані як елемент стратегії профілактики або лікування ожиріння через скорочення маси тіла і жирової маси, що супроводжується збереженням м'язової маси тіла [15].

Невід'ємною частиною комплексної оцінки якості і безпеки продуктів харчування є визначення мікробіологічних показників. Для перевірки відповідності м'ясомістких посічених напівфабрикатів вимогам стандарту всі зразки були досліджені на кількість МАФАНМ і БГКП. Результати досліджень мікробіологічних показників розроблених виробів за санітарно-гігієнічною безпечністю відповідають нормативним значенням і підтверджують їхню мікробіологічну безпечність.

Кількість МАФАНМ, КУО в 1 г розроблених котлет становила $3,4 \cdot 10^2$ при нормі $2,5 \cdot 10^7$. При цьому бактерії групи кишкової палички не були виявлені в 0,1 г котлет, що відповідає вимогам нормативів [16].

Висновки

1. Підтверджено, що комбінування м'яса водоплавної птиці та регіональної аквакультури дає змогу створити м'ясомісткий посічений напівфабрикат високої споживчої та біологічної цінності.

2. Дослідження показника харчової цінності напівфабрикатів показало високий вміст білка на рівні 12,15% та низький вміст жиру 7,03%, що дає змогу віднести розроблені котлети до низькокалорійних дієтичних продуктів зі зменшеним вмістом жиру.

3. Показники амінокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів підтверджують, що продукт є цінним джерелом усіх незамінних амінокислот, частка яких перевищує співвідношення есенціальних амінокислот для ідеального білка. Котлети вирізняються значною часткою лізину, фенілаланіну й тирозину.

4. Аналіз жирнокислотного складу м'ясомістких посічених напівфабрикатів підтверджує, що розроблений продукт містить високу концентрацію мононена-

сичених жирних кислот — 46,23 г/100 г жиру, а також ПНЖК — 23,55 г/100 г жиру, що становить ризик окислювального псування.

5. Результати дослідження мікробіологічних показників напівфабрикатів з м'ясом качки та прісноводної аквакультури підтвердили відповідність нормативним вимогам для посічених напівфабрикатів.

Перспективою подальших досліджень є дослідження ефективності використання натуральних антиоксидантів з метою гальмування окислювальних процесів у ліпідній фракції напівфабрикатів для можливого подовження їх термінів зберігання.

Література

1. Гуліч М. П. Рациональное харчування та здоровий спосіб життя — основні чинники збереження здоров'я населення. *Проблеми старения и долголетия*. 2011. 20(2). С. 128—132.
2. Ditrkh I., Ilchuck, N., Yefymovych P. Fish and vegetable schitzel for functional purpose. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Т. 24, № 6. С. 202—210. doi: 10.24263/2225-2924-2018-24-6-25.
3. Мігченко О. І., Лутай М. І. Дисліпідемії: діагностика, профілактика та лікування. Київ: Літера, 2011. 48 с.
4. Enkhmaa B., Surampudi P., Anuurad E., Berglund L. Lifestyle Changes: Effect of Diet, Exercise, Functional Food, and Obesity Treatment, on Lipids and Lipoproteins. Endotext. South Dartmouth (MA), 2015.
5. Rudel L. L., Johnson F. L., Sawyer J. K., Wilson M. S., Parks J. S. Dietary polyunsaturated fat modifies low-density lipoproteins and reduces atherosclerosis of nonhuman primates with high and low diet responsiveness. *The American journal of clinical nutrition*. 1995. 62(2):463—470. doi:10.1093/ajcn/62.2.463S.
6. Hu F. B., Willett W. C. Optimal diets for prevention of coronary heart disease. *Jama*. 2002, 288(20):2569—2578. doi:10.1001/jama.288.20.2569.
7. Салій Н. С. Рациональное харчування в сучасних умовах. Київський міський центр здоров'я К., 2003. 15 с.
8. Тищенко В. І., Божко Н. В., Пасічний В. М. М'ясомісткі комбіновані продукти з м'ясом качки та сріблястого карася. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2019. № 5(1330). С. 160—168. doi:10.20998/2413-4295.2019.05.21.
9. Тищенко В. І., Божко Н. В., Пасічний В. М. Розробка рецептури полікомпонентних м'ясних хлібів на основі фаршу прісноводної риби. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. Т. 23, № 3. С. 172—178.
10. Федорова Д. Дослідження жирнокислотного складу ліпідів сухих рибо-рослинних напівфабрикатів. *Food Science and Technology*. 2017. 11(3):61—70. URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v11i3.608>.
11. Мінімальні специфікації якості основних продуктів тваринного походження. К.: МОЗ України, 2010. 87 с.
12. Pasichnyi V. M. Ranhove otsiniuvannia kombinovanykh miasoproduktiv. *Naukovi pratsi NUKhT*. 2002. 11. P. 77—80.
13. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 91 p.
14. Xue Zhao. The Relationship between Branched-Chain Amino Acid Related Metabolomic Signature and Insulin Resistance: A Systematic Review. *Journal of Diabetes Research*. 2016. P. 605—617. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2009.02.002>.
15. Heather J. L., Peter M. C., Astrup A., Wycherley Th. P., Westertep-Plantenga M. S., Luscombe-Marsh N. D., Woods S. C., Mattes R. D. The role of protein in weight loss and maintenance. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2015. Volume 101, Issue 6. P. 1320—1329. URL: doi.org/10.3945/ajcn.114.084038.
16. ДСТУ 4437:2005 Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні посічені. Технічні умови.

УДК 664.134

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING
SUGAR-CONTAINING SORGHUM SYRUP WITH THE USE
OF MEMBRANE METHODS

N. Hryhorenko

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS of Ukraine

N. Husiatynska

National University of Food Technologies

P. Vakuliuk, V. Chibrikov

National University of "Kyiv-Mohyla Academy"

Key words:

*Sweet sorghum
Ultrafiltration
Clarification and
Concentration of juice
Membrane distillation
Sweet sorghum syrup*

Article history:

Received 16.12.2019
Received in revised form
26.12.2019
Accepted 20.01.2020

Corresponding author:

N. Hryhorenko
E-mail:
grygorenko.na@
gmail.com

ABSTRACT

The paper presents the results of research on the development of technology of sugar-containing products from alternative vegetable raw materials. The prospect of using sweet sorghum to produce syrup enriched with amino acids, vitamins, macro- and microelements is argued. A brief review of the literature on traditional methods of syrup production has been made, and the feasibility of using membrane methods in the technology of producing sorghum syrup has been substantiated. The possibility of using vegetable raw materials of sweet sorghum in the technology for producing sugar-containing products is substantiated.

The object of the study is technological indicators of the quality of the purified pressed sweet sorghum juice. According to the technological scheme, the pressed juice was purified from high molecular weight compounds (IUDs) and enzymatic hydrolysis of starch was carried out to improve the quality of the syrup and increase the productivity of the concentration process.

As a result of the experimental studies, the technology of obtaining concentrated juices by clarifying and concentrating the purified sweet sorghum juice using ultrafiltration and membrane distillation was proposed.

Indicators of quality of sorghum juice after clarification by the ultrafiltration method are given. Efficiency of removal of IUDs and dyes during ultrafiltration purification of sweet sorghum sugar was found, which provided the reduction of IUD content by 23.2% and coloration by 33 units ICUMSA. The process of concentration of clarified juice by the method of membrane distillation is explored and its optimal parameters are determined. Experimental studies have proven the effectiveness of the use of membrane methods to improve the purity, content of solids and total sugar in syrup obtained from sweet sorghum.

The conducted studies confirmed the prospect of the introduction of membrane methods in the technology of producing sugar-containing syrup from sorghum.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-18

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЦУКРОВІСНОГО СОРГОВОГО СИРОПУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕМБРАННИХ МЕТОДІВ

Н. О. Григоренко

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

Н. А. Гусятинська

Національний університет харчових технологій

П. В. Вакулюк, В. В. Чібриков

Національний університет «Києво-Могилянська академія»

У статті представлено результати досліджень з розроблення технології цукровмісних продуктів з альтернативної рослинної сировини. Аргументовано перспективність використання сорго цукрового для отримання сиропу, збагаченого амінокислотами, вітамінами, макро- та мікроелементами. Здійснено короткий огляд літературних джерел, у яких описано традиційні методи виробництва сиропів, і обґрунтовано доцільність застосування мембранних методів у технології отримання цукровмісного сиропу з сорго.

Метою дослідження є застосування в технології отримання цукровмісного продукту мембранних методів освітлення та концентрування соку сорго задля підвищення його якісних показників, що сприятиме подальшому практичному використанню у різних харчових виробках як цукрової складової.

Об'єктом дослідження є технологічні показники якості очищеного пресового соку сорго цукрового. Відповідно до технологічної схеми пресовий сік очищали від високомолекулярних сполук (ВМС) і проводили ферментативний гідроліз крохмалю з метою покращення якості сиропу та підвищення продуктивності процесу концентрування.

У результаті проведених експериментальних досліджень запропоновано технологію отримання концентрованих соків шляхом освітлення та концентрування очищеного соку цукрового сорго методами ультрафільтрації та мембранної дистиляції. Наведено показники якості соку сорго після освітлення методом ультрафільтрації. Встановлено ефективність видалення ВМС та барвних речовин під час ультрафільтраційного очищення соку сорго цукрового, що забезпечило зниження вмісту ВМС на 23,2% та забарвленості на 33 од. ICUMSA. Досліджено процес концентрування освітленого соку методом мембранної дистиляції і визначено його оптимальні параметри. Експериментальними дослідженнями доведено ефективність застосування мембранних методів для підвищення чистоти, вмісту сухих речовин і загального цукру у сиропі, одержаному з цукрового сорго.

Проведені дослідження підтвердили перспективність впровадження мембранних методів у технологію отримання цукровмісного сиропу з сорго.

Ключові слова: сорго цукрове, ультрафільтрація, освітлення та концентрування соку, мембранна дистиляція, сироп цукрового сорго.

Постановка проблеми. Задля успішного розвитку харчової промисловості необхідно створювати технології якісних і безпечних продуктів, які збагачені вітамінами, макро- й мікроелементами та іншими біологічно активними харчовими інгредієнтами. На сьогодні ринок підсолоджувачів представлений природними та штучними продуктами. На жаль, останніми роками в Україні різко збільшилась кількість захворювань, які пов'язані з обміном речовин. До цих захворювань належать ожиріння, цукровий діабет, серцево-судинні захворювання. Першопричиною їх можна вважати зміни в сучасному харчуванні — заміна традиційних натуральних продуктів на продукти рафіновані, консервовані, які практично повністю позбавлені природного комплексу супутніх біологічно поживних речовин. Тож пошук альтернативних натуральних цукрозамінників, які підвищують біологічну цінність та різноманіття харчових продуктів, є актуальним напрямком сучасних досліджень у харчовій промисловості.

Виробництво нових цукровмісних продуктів, які у своєму складі поряд з сахарозою, фруктозою та глюкозою містять природні біологічно активні речовини, є одним із перспективних напрямків розвитку харчової промисловості. Запорукою успіху цих досліджень є розширення асортименту цукровмісних продуктів функціонального, лікувального та дієтичного харчування.

Як перспективна сільськогосподарська культура, новий сировинний ресурс для виробництва натуральних цукровмісних продуктів може використовуватись сорго цукрове. Ця культура характеризується коротким періодом дозрівання, добре переносить ґрунтово-повітряні посухи, забезпечує високі і стабільні врожаї зерна та зеленої біомаси. Всі ці позитивні властивості сорго цукрового дають змогу успішно вирощувати його у кліматичних умовах України [1].

Сік стебел сорго цукрового містить у своєму складі вільні розчинні цукри, амінокислоти, вітаміни, макро- та мікроелементи, що дає підстави вважати сорго цукрове альтернативною сировиною цукровому буряку. Цукрове сорго є чудовою культурою для отримання рідких цукропродуктів підвищеної біологічної цінності, які містять у своєму складі значний відсоток моноцукрів (глюкози та фруктози), що перешкоджають процесу кристалізації сахарози.

Цукрове сорго вирощується у понад 85 країнах світу. Це Східна (Ефіопія) та Центральна (Судан, Кенія) Африка, Східна (Китай) та Західна (Росія) Азія, Північна Америка (США, Сальвадор, Гондурас) та Австралія. Найбільш поширеним культивування сорго є у США (80% від ринку). В Україні центрами вирощування цукрового сорго є південні регіони — Одеська, Миколаївська, Херсонська област. [2]. В останні роки культура сорго цукрового розширила свій ареал вирощування і досить успішно адаптувалась в умовах Центрального Лісостепу України, забезпечуючи за короткий термін вегетації (90—120 діб) достатньо високий урожай зеленої маси (понад 100 т/га).

Перспективність цієї культури для харчової промисловості зумовлюється широким спектром її використання, зокрема для виробництва цукрових сиропів, спирту, ферментованих продуктів, а також для отримання продукції технічного призначення з лігноцелюлозних відходів основного виробництва [3—7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У ряді країн (США, Канада, Австралія, Італія, Індія, Угорщина, Румунія) сорго цукрове досить успішно використовується для отримання сиропів. Лідером з виробництва сиропів цукрового

сорго є США, де налагоджено промислове їх виробництво в Prairie Apiaries (Іллінойс), Oberholtzer's (Кентуккі), Golden Barrel (Пенсильванія) [8].

За підходами до споживання сиропів сорго європейські країни можна умовно розділяти на три категорії — країни з власними потужностями вирощування та виробництва сиропів цукрового сорго (РФ, Болгарія), країни-імпортери сиропів цукрового сорго з США (Німеччина, Австрія, Франція тощо), країни, що не споживають сиропи цукрового сорго (Україна, Іспанія, Греція, Румунія тощо) [9].

На сьогодні в Україні не існує діючого промислового виробництва цукровмісного продукту із сорго цукрового. Однак продуктивна наукова робота у цьому напрямку ведеться, яка підкріплюється зацікавленістю виробників аграрного сектору. В перспективі планується впровадження промислових потужностей з виробництва сиропів.

Традиційною технологією цукрових сиропів передбачається термічне випарювання у різних модифікаціях апаратурного оформлення (відкрите, вакуумне, киплячої плівки тощо) [10]. Відомі також методи виробництва концентратів виморожуванням [11] і за допомогою зворотного осмосу [12]. Недоліками кріоконцентрування та зворотного осмосу є висока собівартість концентратів (виморожування), низький вміст сухих речовин (зворотний осмос).

Термічне випарювання полягає у нагріванні вихідного соку та видаленні розчинника (води) із парою або конденсацією. Серед переваг цього способу є простота апаратурного оформлення, висока продуктивність і стерильність процесу. Недоліками високотемпературного концентрування є часткове окиснення термочутливих компонентів соку (зокрема вітамінів і ферментів), відгонка одорантів соку (або необхідність експлуатації додаткових модулів, які здатні відганяти одоранти окремо від соку), значні енергетичні витрати процесу. Найбільш суттєвим недоліком процесу термічного випарювання є виникнення локальних перегрівів соку, що призводить до карамелізації цукрів та утворення барвних речовин. Продукти цього циклу реакцій погіршують органолептичні показники соку (поява гіркої присмаку, суттєве помутніння та потемніння), хімічний склад продукту (зниження вмісту моносахаридів і термочутливих речовин). Тому для забезпечення якісних властивостей отриманих продуктів випарювання соків необхідно здійснювати за більш низьких температур протягом короткого проміжку часу.

Одним із методів концентрування соку зі зниженням енергетичних витрат і збереженням харчового профілю сиропу є мембранна дистиляція, що полягає у проходженні соку через пористий матеріал, який є селективним відносно розчинених речовин. Рушійною силою процесу можуть бути різниця концентрацій, тисків і температур по обидві сторони мембрани. Серед переваг цього методу, порівняно з традиційними, є простота апаратурного оформлення, проведення процесу за нижчих температур, що забезпечує збереження одорантів і термочутливих речовин соку, модульність установки та можливість регулювання робочих параметрів процесу.

У світовій практиці відомі дослідження з концентрування соків шляхом використання мембранної дистиляції [13]. Застосування такої технології здійснюється при відносно низьких температурах, що дає змогу отримувати концентрати з вмістом сухих речовин порядку 60...70% та високою біологічною цінністю. Перевагами мембранної дистиляції, якщо порівняти з іншими техно-

логіями концентрування, є висока якість концентратів, можливість досягнення високого вмісту сухих речовин, зменшення витрат енергоносіїв за рахунок низької температури процесу.

Окрім того, перспективним напрямком застосування мембранних процесів є стадія попереднього освітлення цукровмісних соків. Метою попереднього освітлення соку є максимально повне вилучення високомолекулярних сполук (ВМС), що призводить у подальшому до підвищення чистоти готового продукту та зниження його забарвленості. Традиційно освітлення соків перед їх концентруванням проводять за допомогою бентоніту, желатину, SiO_2 , фільтруванням через діатомітовий і кізельгуровий фільтри. Науковцями [14] запропоновано застосування цеоліту для додаткового очищення цукровмісних соків бурякоцукрового виробництва.

З огляду на зазначене вище, **метою дослідження** є застосування мембранної технології для освітлення та концентрування соку сорго цукрового задля підвищення якісних показників кінцевого продукту і можливості використання його у різних харчових продуктах як цукрової складової.

Матеріали і методи. Як сировину досліджували пресовий сік із стебел цукрового сорго. Зразки рослин сорго цукрового були вирощені і відібрані на дослідних ділянках поля Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (с. Ксаверівка Васильківського району Київської області).

Методика одержання соку. Підготовчий етап одержання соку сорго цукрового полягав у очищенні та подрібненні стебел, вилученні соку, відокремленні мезги. Наступним етапом було проведення процесу термічної коагуляції нецукрів соку і клейстеризації крохмалю. Ферментативний гідроліз крохмалю здійснювали у два етапи. Декстринізацію й одночасне розрідження крохмалю проводили з додаванням ферментного препарату α -амілази у кількості 2,5—3,0 одиниць активності на 1 г сухої речовини крохмалю за температури процесу 70—75°C і тривалості 30—60 хвилин. Зцукрювання декстринів до глюкози проводили з додаванням глюкоамілази в кількості 3,0—4,0 одиниць активності на 1 г сухої речовини крохмалю за температури процесу 57—58°C і тривалості 30—40 хвилин. Для осадження речовин колоїдної дисперсності до соку цукрового сорго додавали флокулянт, витримували при перемішуванні протягом 20—30 хв за температури 60—70°C та відокремлювали осад шляхом фільтрування [15].

Методика освітлення соку. На наступному технологічному етапі проводили освітлення соку за допомогою методу ультрафільтрації (УФ) [16]. Для проведення ультрафільтрації використовували експериментальну баромембранну установку, обладнану трековою мембраною на основі поліетилентерефталату (ПЕТФ) із діаметром пор мембрани у межах 0,08—0,15 мкм. Процес ультрафільтрації соку сорго проводили в непроточному режимі в ультрафільтраційній циліндричній комірці *Milipore Amicon 8200 Stirred Ultrafiltraion Mini Cell* з поліпропілену ємністю 0,2 дм³ та площею робочої поверхні мембрани — 2,9·10⁻³ м². Мембрана в ультрафільтраційній комірці розташована горизонтально, ємність з робочим розчином розташована над мембраною. Для уникнення концентраційної поляризації робочий розчин турбулізували за допомогою магнітної мішалки. Процес проводили за умови перемішування соку зі швидкістю 360—420 об/хв при температурі 12°C та постійному тиску 0,15 МПа.

Продуктивність мембрани та швидкість об'ємного потоку J_v , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ розраховували за формулою:

$$J_v = \frac{\Delta V}{S \cdot \Delta \tau}, \quad (1)$$

де ΔV — об'єм дистилляту, який пройшов через мембрану площею S за час $\Delta \tau$.

Методика концентрування соку. Концентрування освітленого соку проводили на експериментальній установці контактної мембранної дистиляції (КМД) [17]. В установці КМД мембранна комірка складається з двох камер, розділених гідрофобною мікропористою мембраною, хімічно і механічно стійкою та водонепроникною. Для досліджень використовували гідрофобну мікрофільтраційну мембрану з кополімеру ВДФ (вініліденфториду) з ТФЕ (тетрафторетиленом) на поліпропіленовій підкладці, з діаметром пор мембрани 0,45 $\mu\text{м}$ та площею робочої поверхні $7,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Мембрана була розташована горизонтально, причому активний шар мембрани зорієнтований у напрямку гарячої камери.

Циркуляцію розчинів по контурах («контур підігріву» — ємність з початковим розчином і «контур охолодження» — приймальна ємність з дистильованою водою) здійснювали за допомогою перистальтичного насоса при об'ємному потоці $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ дм}^3/\text{с}$. Температуру теплоносія у контурі підігріву змінювали відповідно до умов експерименту в діапазоні $30 \dots 70^\circ\text{C}$ для визначення оптимальних технологічних значень процесу. Температуру теплоносія підтримували за допомогою термостата Wise Circu WCB-11. Камеру з дистиллятом охолоджували водопровідною водою, температура якої становила $10 \text{—} 13^\circ\text{C}$.

Принципову схему експериментальної КМД установки представлено на рис. 1.

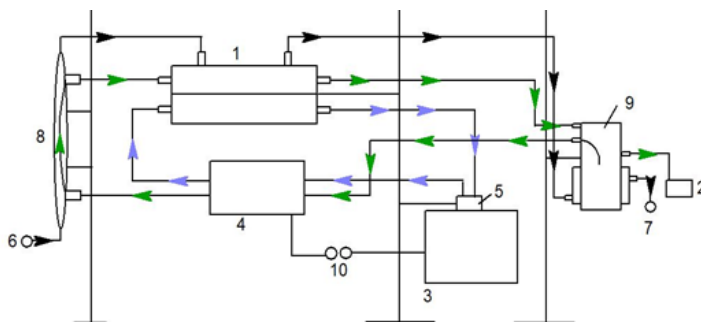


Рис. 1. Схема експериментальної установки контактної мембранної дистиляції:
 1 — мембранна комірка; 2 — ємність для пермеату; 3 — термостат; 4 — перистальтичний насос; 5 — ємність для початкового розчину; 6 — кран подачі холодоагенту в охолоджувальний контур; 7 — клапан рециркуляції охолоджувального контуру; 8 — теплообмінник; 9 — розподільча ємність, 10 — елемент живлення

Визначення фізико-хімічних показників соку. Для підтвердження ефективності досліджуваних способів освітлення та концентрування соку сорго визначали зміну таких фізико-хімічних показників: вміст ВМС і колоїдів визначали за методом А. В. Думанського і С. Є. Харіна в модифікації С. І. Королькова і П. М. Сіліна [18], забарвленість продукту — методом фотоколориметрії за дов-

жини хвилі 560 нм, рН — потенціометричним методом, вміст сухих речовин — методом рефрактометрії, загальний вміст цукрів та редукувальних речовин визначали за методом Люффа-Шорля [19].

Викладення основних результатів дослідження. Попереднє освітлення соку проводили для вилучення ВМС та стерилізації вихідного продукту. Застосування ферментативного гідролізу крохмалю під час проведення попередньої обробки соку сорго забезпечує його високу фільтраційну здатність унаслідок відсутності декстринів в очищеному соку та сприяє збільшенню вмісту моноцукридів, що підвищує харчову цінність готового продукту. Результати експериментальних досліджень, наведених у табл. 1, показали, що під час попереднього очищення пресового соку сорго видаляється частина високомолекулярних сполук (ВМС) за рахунок їх осадження при взаємодії з флокулянтном, що дає змогу в подальшому суттєво підвищити чистоту продукту та знизити його забарвленість. Так, ефект видалення ВМС у попередньо очищеному соку порівняно з вихідним пресовим соком сорго склав, відповідно, 36,07%.

Крім того, попередня обробка соку сорго забезпечує більшу продуктивність наступної стадії очищення — ультрафільтрації за рахунок зменшення кількості високомолекулярних сполук, внаслідок чого зменшується або відсутнє формування на поверхні мембрани гелевих шарів у процесі мембранного освітлення, що позитивно впливає на продуктивність процесу фільтрації. За результатами експериментальних досліджень, наведених у табл. 1, можна стверджувати, що застосування ультрафільтраційного методу для обробки попередньо очищеного соку сорго забезпечує зниження вмісту ВМС на 23,2% та забарвленості на 33 од. ICUMSA. Поліпшення фізико-хімічних показників освітленого соку забезпечило підвищення його чистоти на 2,6 одиниці.

Таблиця 1. Аналіз фізико-хімічних показників соку до та після процесу ультрафільтраційного освітлення

Параметри	Одиниці вимірювання	Вихідний пресовий сік	Сік після стадії попереднього очищення	Сік після УФ освітлення
Вміст сухих речовин	%	17,60	18,10	16,20
Вміст загальних цукрів	% до маси пр.	14,20	14,93	13,71
Чистота	% цукру до маси СР	80,68	82,48	84,63
Вміст ВМС	% до маси СР	8,76	5,60	4,30
Вміст редукувальних речовин	% до маси пр.	5,23	5,58	4,88
Вміст цукрози	% до маси пр.	8,97	9,35	8,83
Активна кислотність, рН ₂₀		5,31	5,36	5,36
Забарвленість	од. ICUMSA	—	228,4	195,3

Ультрафільтраційне освітлення соку забезпечує видалення суспензійних речовин і поліпшує продуктивність процесу концентрування з мінімальними втратами поживних речовин.

Оскільки переважними характеристиками сиропів для подальшого застосування є приємний аромат, однорідний тьмянний колір, помірна в'язкість, відсутність осаду, м'якоті та висока чистота, а необхідними параметрами процесу концентрування — висока продуктивність, то застосування ультрафільтраційного методу освітлення необхідна складова технологічного процесу.

З метою дослідження оптимальної тривалості процесу УФ проведено визначення продуктивності процесу освітлення соку сорго та швидкості його об'ємного потоку на трековій мембрані на основі ПЕТФ в часі. Тривалість процесу складала 3,5 год. Параметром, що вказує на якість мембрани, яку застосовували під час освітлення, слугувало значення об'ємного потоку розчинника J_v . Значення зміни продуктивності потоку на цій мембрані має зниження, не досить суттєве у часі: на початку процесу складало 28,4 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$, а через 3,5 год — 22,6 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$.

Тож можна зробити висновок, що при проведенні УФ обробки соку сорго досягаються позитивні зміни фізико-хімічних показників освітленого соку за умови відносно стабільної продуктивності процесу у часі.

Концентрування освітленого соку проводили методом контактної мембранної дистиляції. Важливим обґрунтуванням вибору КМД як методу концентрування соку цукрового сорго є простота практичної реалізації, більша швидкість потоку речовини для соків з великою концентрацією грубо дисперсних частинок, яка досягається за рахунок переходу парів соку через мембрану. Наявність теоретичних і практичних моделей концентрування соків методом КМД розширює галузі застосування цього методу з можливістю модифікації робочих параметрів [20]. Основні робочі параметри процесу наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Характеристики робочого процесу концентрування соку

Показник	Одиниці вимірювання	Δt °C					
		20	30	40	50	60	70
Тривалість процесу	год	5,25	4,36	4,16	3,45	3,0	2,14
Продуктивність по соку	$\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$	0,85	0,91	1,38	2,23	2,28	4,87
Продуктивність по воді	$\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$	1,45	1,46	3,08	3,58	4,95	6,25
Температура гарячого кола	°C	30	40	50	60	70	80

Застосування для освітлення попередньо очищеного соку сорго методів ультрафільтрації та концентрування шляхом контактної мембранної дистиляції дало змогу забезпечити оптимальні характеристики отриманого напівсиропу. Так, вміст сухих речовин у продукті підвищився в середньому в 2,09 раза. При цьому забарвленість сиропу збільшилася за рахунок концентрування в 3,06 раза (табл. 3).

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники соку до та після процесу концентрування

Показник	Одиниці вимірювання	Освітлений сік	Δt °C					
			20	30	40	50	60	70
Вміст сухих речовин	%	16,20	21,00	22,00	25,80	33,90	35,00	35,80
Вміст загальних цукрів	% до маси пр.	13,71	17,90	19,00	22,40	29,60	30,10	30,20
Вміст редуковальних речовин	% до маси пр. % до маси СР	4,88	6,05 28,81	6,80 30,91	8,36 32,40	11,37 33,54	11,78 33,66	12,06 33,69
Вміст цукрози	% до маси пр. % до маси СР	8,83	11,85 56,43	12,20 55,45	14,04 54,42	18,23 53,77	18,32 52,34	18,14 50,67
Чистота	% до маси СР	84,63	85,23	86,36	86,82	87,31	86,00	84,36
Активна кислотність, рН ₂₀		5,36	4,82	4,93	5,25	5,16	5,20	5,18
Вміст ВМС	% до маси СР	4,30	9,59	9,61	9,67	10,01	11,46	12,38
Забарвленість	од. ICUMSA	195,3	412,9	413,0	415,6	428,0	486,0	602,7

За результатами проведених досліджень, наведених у табл. 3, можна прослідкувати закономірності між робочими параметрами процесу та зміною показників фізико-хімічних характеристик соку.

Так, вміст сухих речовин зростає зі збільшенням різниці температур проведення дослідю. Необхідно відзначити, що при збільшенні різниці температур у діапазоні $\Delta t = 40...50^\circ\text{C}$ спостерігається збільшення вмісту сухих речовин, тоді як подальше підвищення різниці температур процесу забезпечує невелике зростання вмісту сухих речовин, натомість якість продукту суттєво знижується.

У результаті збільшення різниці температури процесу у діапазоні $\Delta t = 60...70^\circ\text{C}$ відмічається поступове зменшення чистоти концентрованого соку сорго, про що свідчать результати досліджень (рис. 2), що зумовлено процесами окиснення органічних речовин соку.

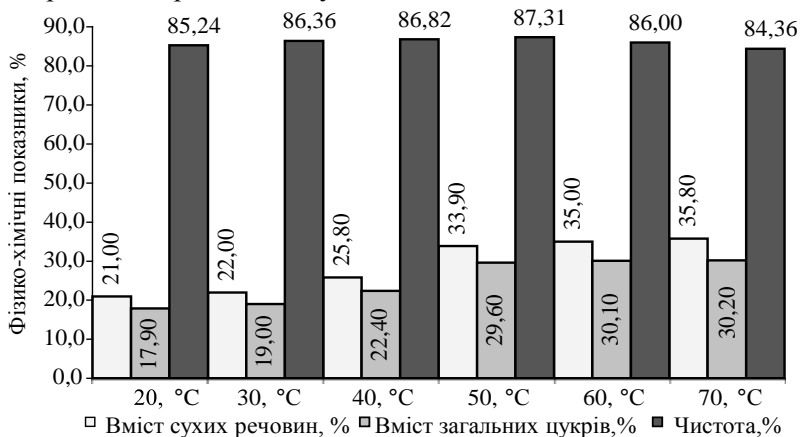


Рис. 2. Залежність фізико-хімічних показників соку сорго від температури процесу концентрування

Оскільки сік сорго цукрового є досить неоднорідною системою, який складається з вуглеводів цукрози, моноцукрів, а також амінокислот та інших органічних речовин і за умов впливу на систему високих температур протягом тривалого часу відбуваються незворотні зміни у її структурі.

Так, в умовах локального перегріву соку відбуваються процеси розкладу як амінокислот, так і відновного цукру, що містить карбонільні групи. З амінокислот утворюються відповідний альдегід, аміак і діоксид вуглецю, а із відновного цукру — фурфурол або оксиметилфурфурол, що легко вступають у взаємодію з утворенням барвних речовин (меланоїдинів), які, у свою чергу, посилюють забарвленість соку, що впливає на якість вихідного продукту як за кольором, так і за смаком.

Крім того, при впливі підвищених температур у низькоконцентрованих розчинах соку сорго та кислому середовищі відбуваються реакції розкладу цукрози з утворенням інвертного цукру. Іони водню, які утворюються в системі внаслідок дисоціації води та цукрози, сприяють прискоренню реакції інверсії, а подальше збільшення їх у системі, завдяки утворенню інвертного цукру та продуктів його розкладу, — органічних кислот, зумовлюють хімічні втрати цукрози.

Аналізуючи результати досліджень (табл. 3 та рис. 2), можна стверджувати, що для отримання напівсиропу із сорго цукрового високої якості необхідно проводити процес концентрування освітленого соку в діапазоні температур $\Delta t = 40 \dots 50^\circ\text{C}$.

Висновки

Доведено ефективність застосування та визначено раціональні умови здійснення процесу освітлення соку сорго цукрового методом ультрафільтрації. Результати експериментальних досліджень засвідчили, що застосування УФ після попереднього освітлення соку сорго забезпечує зниження вмісту ВМС на 23,2% та забарвленості на 33 од. ICUMSA.

Підтверджено ефективність концентрування освітленого соку методом контактної мембранної дистиляції. Встановлено, що під час концентрування вміст ВМС підвищився в 2,23 раза, забарвленість — в 3,06 раза. При цьому продуктивність процесу суттєво зростає: від 0,8...1,5 до 2,0...4,8 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ зі збільшенням від $\Delta t = 20 \dots 40^\circ\text{C}$ до $\Delta t = 50 \dots 70^\circ\text{C}$.

Рекомендовано здійснювати процес концентрування соку сорго методом контактної мембранної дистиляції у діапазоні температур $\Delta t = 40 \dots 50^\circ\text{C}$.

Література

1. Василенко Р. Агротехнологічні прийоми збільшення продуктивності сорго на Півдні України. *Пропозиція*. 2017. С. 82—85.
2. Agrama H. A., and Tuinstra M. R. Phylogenetic diversity and relation ship samong sorghu maccession susing SSRs and RAPDs. *African Journal of Biotechnology*. 2003. № 2. С. 334—340.
3. Teetor V. H., Duclos D. V., Wittenberg E. T., Young K. M., Chawhuaymak J., Riley M. R. & Ray D. T. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Industrial Crops and Products*. 2011. № 34. P. 1293—1300.
4. Werpy T., Petersen G., Aden A., Bozell J., Holladay J., White J. & Jones S. Op value added chemicals from biomass. Volume 1-Results of screening for potential candidates from sugar sand synthesis gas. Department of Energy Washington DC. 2004.

5. Григоренко Н. О., Штангеев В. О., Хомічак Л. М., Гріненко І. Г. Шляхи пошуку розширення асортименту продукції цукрової галузі України. *Цукор України*. 2016. № 6—7 (126—127). С. 41—44.
6. Левандовський Л. В., Олійнічук С. Т., Ткаченко Л. В., Ткаченко А. Ф. Використання соку цукрового сорго для біосинтезу спирту. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 7. С. 63—65.
7. Карпутина М., Прибыльський В., Григоренко Н. Усовершенствование технологи ферментированного безалкогольного напитка с использованием культуры *Medusomyces gisevii*. *Химия и технология пищи*. Каунас, 2014. Т. 48, № 1. С. 5—11.
8. Kupchuk L. A., Kotynska L. Y., Sych N. V., Grigorenko N. A. Microporous carbonate catalysts from lignocellular waste pressing sorgo (bagasse). *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 6(70).
9. Golden Barrel. URL <https://goo.gl/AoJfYT>.
10. Sorghum Imports by Country in 1000 MT/ URL: <https://goo.gl/ePv517>.
11. Шобингер У. Фруктовые и овощные соки. Научные основы и технологии. Технология, химия, микробиология, экспертиза, значение и нормативное регулирование. Санкт-Петербург: Профессия, 2004.
12. Пап Л. Концентрирование вымораживанием. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 96 с.
13. Sheu M. J. and Wiley R. C. Preconcentration of apple juice by reverse osmosis. *Journal of Food Science*. 1983. 48.2. 422—429.
14. Kimura S., Nakao S. I., Shimatani S. I. Transport phenomena in membrane distillation. *Journal of Membrane Science*. 1987. № 33. С. 285—298.
15. Husiatynska N., Nechpor T., Husiatynskyi M., Shulga S. Research in to application of zeolite for purification of diffusion juice in sugar production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 5(11). P. 6—13.
16. Пат. 26940 Україна МПК 7 С 13 D 1/02. Спосіб отримання харчового сиропу із цукрового сорго / Штангеева Н. І., Салавор О. М., Штангеев В. О., Григоренко Н. О.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. — № 200706340; заявл. 07.06.2007; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 16.(Авторське свідоцтво UA №26940, МПК (2006) C13D1/00, бюл. № 16, від 10.10.2007).
17. Пат. 119377 Україна МПК 2019.01 С 13 В 20/16. Спосіб отримання харчового сиропу із соку стебел цукрового сорго / Григоренко Н. О., Вакулук П. В., Штангеев В. О., Чібріков В. В.; заявник та патентовласник Інститут продовольчих ресурсів НААН. — a201705280; заявл. 30.05.2017; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11.
18. Вакулук П. В., Петрук В. В., Філатова Д. М., Сергійчук І. А., Бурбан А. Ф. Отримання флуоромісних мембран для очистки шахтних вод методом мембранної дистиляції. *Наукові записки НАУКМА. Хімічні науки і технології*. 2014. № 157. С. 38—42.
19. Технологія цукристих речовин. Лаборатор. практикум / М. П. Купчик, Л. П. Рева, Н. І. Штангеева та ін. К. НУХТ, 2007. 393 с.
20. Методи контролю харчових виробництв: Лаб. практикум / Н. І. Штангеева, Л. І. Чернявська, Л. П. Рева та ін. К.: УДУХТ, 2000. 240 с.
21. Bélafi-Bakó K., Koroknai B. Enhanced water flux in fruit juice concentration: Coupled operation of osmotic evaporation and membrane distillation. *Journal of Membrane Science*. 2006. № 269. С. 187—193.

FORMATION OF THE MICROSTRUCTURE
OF THE EMULSION-FOAM STRUCTURE
OF CREAMS FROM WHIPPED CREAM
WITH LOW FAT CONTENT WITH LACTULOSE

Yu. Kambulova, Yu. Zvyagintseva-Semenets, N. Reshitnik

National University of Food Technologies

Key words:

*Creams from whipped
cream,
Emulsion-foam system,
Sugar,
Fructose,
Glucose,
Lactulose*

Article history:

Received 02.12.2019
Received in revised form
16.12.2019
Accepted 13.01.2020

Corresponding author:

Yu. Zvyagintseva-
Semenets

E-mail:

jliaua@bigmir.net

ABSTRACT

The paper presents the results of studies of physicochemical parameters and the microstructure of creams from whipped cream with low fat content with the addition of lactulose with various types of sugars.

Lactulose is one of the promising types of sugars that can be used in food technologies, but the majority of lactulose is used to create fermented milk products. The use of lactulose does not cause an increase of glucose in blood, which makes it possible to use it in the treatment of diabetes. It was established that lactulose, both separately and in combination with bifidobacteria, promotes the absorption of calcium and increase bone strength in osteoporosis, activates the immune system. It is generally accepted to consider lactulose as a prebiotic. Lactulose was widely used in Japan; it was included in the list of strategic products for maintaining the health of the Japanese nation.

At the National University of Food Technologies (NUFT) a range of whipped creams has been developed for decorating flour confectionery with various types of sugars — crystalline white sugar, glucose and fructose. In order to provide products with functional and health-improving properties, the introduction of lactulose has been proposed to replace part of the main sugar.

It has been found that the addition of lactulose negatively affects the whipping of creams and significantly changes the pattern of the dispersed phase of creams. So, the addition of lactulose worsens foaming, increases the density of creams due to an increase in the viscosity of the dispersion medium.

With the addition of lactulose, the air concentration in the system is significantly reduced and the diameter of the air bubbles decreases, moreover, the number of air bubbles decreases during storage. An increase in the concentration of lactulose deepens the negative effect, so the introduction of only 3 g per 100 g of product is optimal. But even a low amount of injected lactulose provides coverage of the daily need of lactulose by 30% of the daily intake. This proves the possibility of developing functional creams.

ФОРМУВАННЯ МІКРОСТРУКТУРИ ЕМУЛЬСІЙНО-ПІННОЇ СТРУКТУРИ КРЕМІВ ІЗ ЗБИТИХ ВЕРШКІВ ПОНИЖЕНОЇ ЖИРНОСТІ З ЛАКТУЛОЗОЮ

Ю. В. Камбулова, Ю. П. Звягінцева-Семенець, Н. Я. Решітник

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень фізико-хімічних показників і мікроструктури кремів із збитих вершків пониженої жирності за додавання лактулози в суміші з різними видами цукрів.

Лактулоза є одним із перспективних видів цукрів, який може застосовуватись у технологіях харчової промисловості, проте переважна більшість лактулози використовується при створенні кисломолочних продуктів. Вживання лактулози не викликає підвищення рівня глюкози в крові, що надає можливість використання цукру при створенні продукції для харчування людей, хворих на цукровий діабет. Установлено, що лактулоза, як окремо, так і в комбінації з біфідобактеріями, сприяє засвоєнню кальцію та підвищенню міцності кісток при остеопорозі, активізує імунітет. Загальноприйнято вважати лактулозу пребіотиком. Найширшого використання лактулоза набула в Японії, вона увійшла до списку стратегічних продуктів для збереження здоров'я японської нації.

У Національному університеті харчових технологій (НУХТ) розроблений асортимент кремів із збитих вершків для оздоблення борошняних кондитерських виробів з різними видами цукрів — цукром білим кристалічним, глюкозою і фруктозою. З метою надання продукції функціонально-оздоровчих властивостей, запропоновано внесення лактулози на заміну частини основного цукру.

Встановлено, що додавання лактулози негативно впливає на піноутворення кремів із збитих вершків і суттєво змінює мікроструктуру дисперсної фази кремів: піна має менший діаметр пухирців повітря. Так, додавання лактулози погіршує піноутворення (збитість), підвищує показник густини кремів унаслідок підвищення в'язкості дисперсійного середовища.

При додаванні лактулози значно зменшується концентрація повітря в системі і діаметр пухирців повітря, до того ж кількість пухирців повітря зменшується з часом зберігання. Збільшення концентрації лактулози поглиблює негативний вплив, тому оптимальним є введення всього 3 г на 100 г продукту. Але навіть невисока кількість введеної лактулози забезпечує добову потребу на 30% від щоденної норми споживання. Це доводить можливість розроблення кремів функціонального спрямування.

Ключові слова: *креми із збитих вершків, емульсійно-пінна система, сахароза, фруктоза, глюкоза, лактулоза.*

Постановка проблеми. Харчування є найважливішою фізіологічною потребою організму і має надзвичайно важливий вплив на життя та здоров'я людини. Одним із проявів здорового харчування є корегування кількості та якості жирів, що надходять в організм людини. Всесвітньою організацією охорони здоров'я

надано рекомендації, що сумарне споживання жирів не повинно перевищувати 30% від усієї енергії, що надходить в організм людини. До того ж із раціону харчування слід намагатись виключити промислові трансжири [1].

У НУХТ, ученими кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів, розроблений асортимент кремів із збитих вершків для оздоблення борошняних кондитерських виробів з різними видами цукрів — цукром білим кристалічним, глюкозою і фруктозою [2]. Креми характеризуються невисокою енергетичною цінністю порівняно з традиційними аналогами завдяки використанню низькожирних вершків молочних. При цьому стабілізацію складної емульсійно-пінної структури запропоновано забезпечити введенням полісахаридів рослинного походження — альгінату натрію та *γ*-каррагану. Вивчено раціональні співвідношення основних рецептурних компонентів, які забезпечують необхідні органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості кремів; обґрунтовано технологічні параметри виробництва.

Продовженням напрямку застосування різних цукрів у технологіях кондитерської продукції, в тому числі для виробництва оздоблювальних кремів, є застосування лактулози, — цукру, що синтезують з лактози підсирної сироватки. Лактулоза є потужним пребіотиком, який знайшов широке використання в технології молочної продукції завдяки симбіозу з молочнокислими бактеріями.

Усі застосовувані цукри характеризуються різними фізико-хімічними показниками: розчинністю, температурою плавлення, температурою склування, густиною і в'язкістю їхніх водних розчинів, які залежать від будови і молекулярної маси. Тому застосування лактулози в технологіях кремів потребуватиме проведення експериментального порівняльного аналізу впливу цукру на основні показники продукції.

Одним із перспективних видів цукрів, який застосовується в технологіях молочної продукції, є лактулоза. Лактулоза — синтетичний структурний ізомер лактози (4-О-бета-D-галактопіранозил-D-фруктоза), що складається з фрагментів молекул галактози і фруктози, з'єднаних глікозидним зв'язком [3]. Лактулозу в промислових кількостях синтезують з лактози, яку, у свою чергу, виробляють із підсирної сироватки, відходів виробництва молочних продуктів.

Ринок лактулози в Україні незначний. Переважна більшість лактулози застосовується у вигляді медичних препаратів — для лікування і запобігання захворюванням мікрофлори кишківника. Але з 2013 р. в молочної галузі відмічена позитивна тенденція випуску пребіотичних виробів і розпочато випуск низки молочних продуктів з лактулозою: йогурти й кефіри «Лактонія» (ДП «Лакталіс-Україна»), «Маселко» з лактулозою (Імперія жирів), «Симбілакт» (Альба ТИММ), «Агуша» — молоко з лактулозою. У кондитерській промисловості України лактулоза досі не знайшла застосування в промисловому виробництві. Проте вченими України запропоновані рецептури мафінів [4], жувальної карамелі [5], вершкового морозива [6]. Встановлено, що пребіотик лактулоза здатний суттєво впливати на структурно-механічні властивості тістових мас. Так, вченими доведено, що часткова заміна цукру білого кристалічного на лактулозу послаблює структуру тістової маси, тому науковцями рекомендовано для кращого збереження структури тіста під час формування виробів здійснювати збивання тістової маси зі швидкістю зсуву не більше 50 с⁻¹.

Статус «функціональний харчовий продукт» отримала жувальна карамель «Смаковита» на основі сахарози і пребіотика лактулози (в кількості 4,4 г, що забезпечує задоволення 40% добової потреби за умови споживання 100 г карамелі) [5]. Проведено дослідження впливу лактулози на структурно-механічні властивості жувальної карамельної маси і встановлено, що лактулоза зменшує міцність жувальної карамельної маси, виготовленої на сахарозі — на 2%, на глюкозі — на 3%. Причиною такого впливу автори називають кращу розчинність лактулози порівняно із сахарозою і глюкозою.

Знайшло застосування лактулози у вигляді сиропу «Лактусан», який містить 65—67% чистої лактулози [6] в рецептурі молочного і вершкового морозива. Сироп вносять у кількості 2% від об'єму суміші, що повністю задовольняє потребу людини в пребіотику.

Метою статті є вивчення можливості використання лактулози у кремах із збитих вершків жирністю 20% з полісахаридами і різними цукрами — сахарозою, глюкозою і фруктозою, та дослідження впливу лактулози на фізико-хімічні показники і мікроструктуру кремів із збитих вершків пониженої жирності.

Матеріали і методи. Об'єктом досліджень є визначення фізико-хімічних показників і мікроструктури кремів із збитих вершків з альгінатом натрію, *j*-каррагінаном з використанням різних видів цукрів і лактулози. У дослідженнях використано таку сировину: цукор білий кристалічний (ЦБК) згідно з ДСТУ 4623:2006; вершки «Ферма» жирністю 20% згідно з ТУ У 15,5-31984307-003:2006; натрію альгінат, *j*-каррагінан (компанія «GE Roeser GmbH», Німеччина); глюкозу (СР — 89,2%), фруктозу (СР — 97,4%), лактулозу (СР — 91%) — згідно з чинною НД.

Моделльні зразки кремів готували за такими технологічними схемами: для приготування крему на альгінаті натрію структуроутворювач і цукор розчиняли у вершках за співвідношення компонентів (АН:вершки:ЦБК)1:40:1, для кремів з використанням фруктози і глюкози — 1:50:1 (АН:вершки:цукор). Отриманий розчин нагрівали до температури 85...90°C до повного розчинення структуроутворювача й охолоджували до температури 10...12°C. На наступному етапі збивали попередньо охолоджені до температури 2...4°C вершки протягом 1...2 хв, після чого, не припиняючи збивання, вводили отриману суміш з гідроколоїдом і решту цукру, зазначену в рецептурі. Загальний час збивання кремів склав 14...16 хв.

Для приготування кремів з *j*-каррагінаном структуроутворювач і цукор розчиняли у вершках за співвідношення компонентів 1:40:20 (*j*-каррагінан:вершки: ЦБК) і 1:50:10 (*j*-каррагінан:вершки:фруктоза або глюкоза), нагрівали до повного розчинення в інтервалі температур 90...95°C і охолоджували до 8±2°C. Для приготування крему решту вершків, зазначених за рецептурою і попередньо охолоджених до температури 2...4°C, збивали протягом 1...2 хв, після чого, не припиняючи збивання, поступово вводили отриману суміш з гідроколоїдом і залишкову частину фруктози або глюкози. Загальний час збивання кремів склав 14...16 хв.

Лактулозу вводили наприкінці збивання крему, за 2—3 хв до закінчення збивання з метою максимального збереження її кількості. При приготуванні

кремів рецептурну кількість сахарози замінювали фруктозою або глюкозою еквівалентно за вмістом сухих речовин.

Дослідження мікроструктури пінних систем здійснювали за допомогою оптичного тринокулярного мікроскопа [7]. Готували препарат «роздавлена крапля», для якого на предметне скло наносили краплю досліджуваної піни, накривали покривним склом. Зразок розміщували під мікроскоп і отримували фотокартку зразка зі збільшенням у 400 разів. За фотографіями розраховували площу кожного пухирця, а також площу дослідного зразка і концентрацію повітря в системі за формулами 1—3:

$$S_d = a \cdot b, \quad (1)$$

де S_d — площа дослідного зразка, м²; a — довжина фотокартки, м; b — ширина фотокартки, м.

$$\sum S = S_1 + S_2 + \dots + S_n, \quad (2)$$

де $\sum S$ — сума площ пухирців повітря, м²; S_1, S_2, \dots, S_n — площа кожного пухирця, м².

$$\varphi_{\text{пов}} = \sum S / S_d \cdot 100\%, \quad (3)$$

де $\varphi_{\text{пов}}$ — концентрація повітря в системі, %; $\sum S$ — сума площ пухирців повітря, м²; S_d — площа дослідного зразка, м².

За площею пухирці розділили на сім груп: 1) S — 0...0,005 м²; 2) S — 0,006...0,01 м²; 3) S — 0,011...0,025 м²; 4) S — 0,026...0,05 м²; 5) S — 0,051...0,1 м²; 6) S — 0,11...0,15 м²; 7) S — > 0,15 м².

Збитість (піноутворення) і стійкість кремів із збитих вершків визначали за методом Лур'є [8; 9]. Розрахунок збитості проводили за формулою:

$$Зб. = \frac{V_n}{V_p} \cdot 100. \quad (4)$$

де V_n — об'єм піни, м³; V_p — об'єм розчину до збивання, м³.

Одночасно проводили визначення стійкості кремів із збитих вершків за формулою (5). Вимірювання здійснювали протягом 5 діб зберігання при температурі 279 К (6±2°C).

$$Ст. = \frac{h_2}{h_1} \cdot 100. \quad (5)$$

де h_1 — початкова висота піни, м⁻³; h_2 — висота піни після вистоявання, м⁻³.

Густина [10] кремів із збитих вершків визначали волюметричним методом. Розрахунок густини проводили за формулою:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (6)$$

Оцінку результатів експериментальних досліджень проводили з використанням методів розрахунку статистичної достовірності результатів вимірювання. Апроксимацію емпіричних даних проводили за допомогою електронних таблиць MSExcel.

Викладення основних результатів дослідження. Для вивчення впливу лактулози на якість кремів із збитих вершків з різними видами цукрів було введено її рекомендовану кількість (до 10 г на 100 г продукту) на заміну основного цукру. Заміну здійснювали за кількістю сухих речовин, якість кремів оцінювали за основними параметрами піноутворення: збитістю і стійкістю.

У ході досліджень встановлено, що показник стійкості піни всіх дослідних зразків склав 100%, а показник збитості зменшувався залежно від кількості лактулози, яку вносили до складу крему (рис. 1).

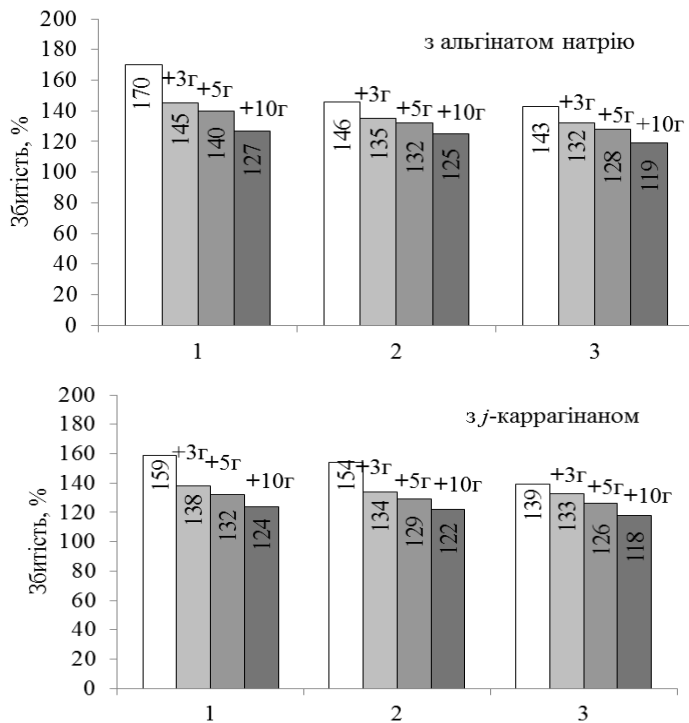


Рис. 1. Вплив лактулози на збитість кремів із збитих вершків з альгінатом натрію і j-каррагінаном:
1 — сахарозою; 2 — глюкозою; 3 — фруктозою

За експериментальними даними зроблено декілька висновків. По-перше, додавання лактулози негативно впливає на піноутворення (збитість) унаслідок підвищення в'язкості дисперсійного середовища. З'ясовано, що додавання лактулози в кількості 3 г до крему з сахарозою знижує збитість кремів на 15—13% (для крему з альгінатом натрію і сахарозою збитість складає — $170 \pm 2\%$, а для кремів з j-каррагінаном і сахарозою — $159 \pm 2\%$); при використанні лактулози в рецептурі кремів з фруктозою збитість знижується на 8—4% (для крему з альгінатом натрію і фруктозою збитість складає — $143 \pm 2\%$, а для кремів з j-каррагінаном і фруктозою — $139 \pm 2\%$); для кремів з використанням глюкози і лактулози збитість знижується на 8—13% (для крему з альгінатом натрію і глюкозою збитість складає — $146 \pm 2\%$, а для кремів з j-каррагінаном і глюкозою — $154 \pm 2\%$).

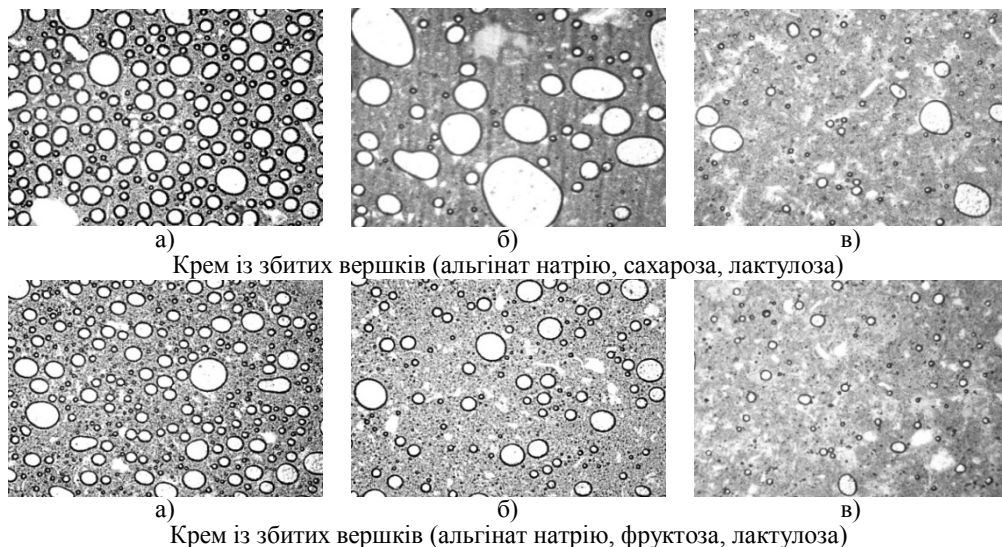
По-друге, збільшення концентрації лактулози в кремі посилює її негативний вплив на піноутворення. Наприклад, додавання 3 г лактулози до крему з альгінатом натрію і сахарозою зменшує збитість на 14,7% (з 170% до 145%); з альгінатом натрію і фруктозою на — 7,7% (з 143% до 132%); з альгінатом натрію і глюкозою на 7,5% (з 146% до 135%), аналогічні залежності відзначені і для

кремів із використання *j*-каррагінану. Так, додавання 3 г лактулози до крему з каррагінаном і сахарозою збитість зменшує на 13,2% (з 159% до 138%); для крему з каррагінаном і фруктозою на — 3,6% (з 138% до 133%); для крему з каррагінаном і глюкозою на — 13% (з 154% до 134%). Додавання 5 г лактулози до крему з альгінатом натрію і сахарозою зменшує збитість на 17,1% (з фруктозою — на 10,5%; з глюкозою — на 9%); до крему з *j*-каррагінаном і сахарозою зменшує збитість на 17% (з фруктозою на 9,4%; з глюкозою на 16,2%). Додавання 7 г лактулози до крему з альгінатом натрію і сахарозою зменшує збитість на 25% (з фруктозою на 16,8%; з глюкозою на 14,4%); до крему з *j*-каррагінаном і сахарозою зменшує збитість на 22% (з фруктозою на 15,2%; з глюкозою на 20,8%).

Водночас, додавання лактулози на заміну основного цукру підвищує показник густини кремів. Максимально можливою кількістю введення лактулози до складу кремів із збитих вершків є 3 г на 100 г крему, густина при цьому підвищується найменше, для крему з альгінатом натрію, сахарозою і лактулозою — на 5,4% (з 610 до 643 кг/м²); для крему з альгінатом натрію, фруктозою і лактулозою — на 8,7% (з 668 до 732 кг/м²); для крему з альгінатом натрію, глюкозою і лактулозою — на 11% (з 653 до 732 кг/м²); для крему з *j*-каррагінаном, сахарозою і лактулозою — на 5% (з 622 до 655 кг/м²); для крему з *j*-каррагінаном, фруктозою і лактулозою — на 0,7% (з 722 до 727 кг/м²); для крему з *j*-каррагінаном, глюкозою і лактулозою — на 6,2% (з 686 до 731 кг/м²).

Суттєвий вплив лактулози на якість піноутворення вершків спричинить зміни мікроструктури крему.

Мікроструктура досліджених зразків кремів з введенням лактулози в кількості 3г представлена на рис. 2.



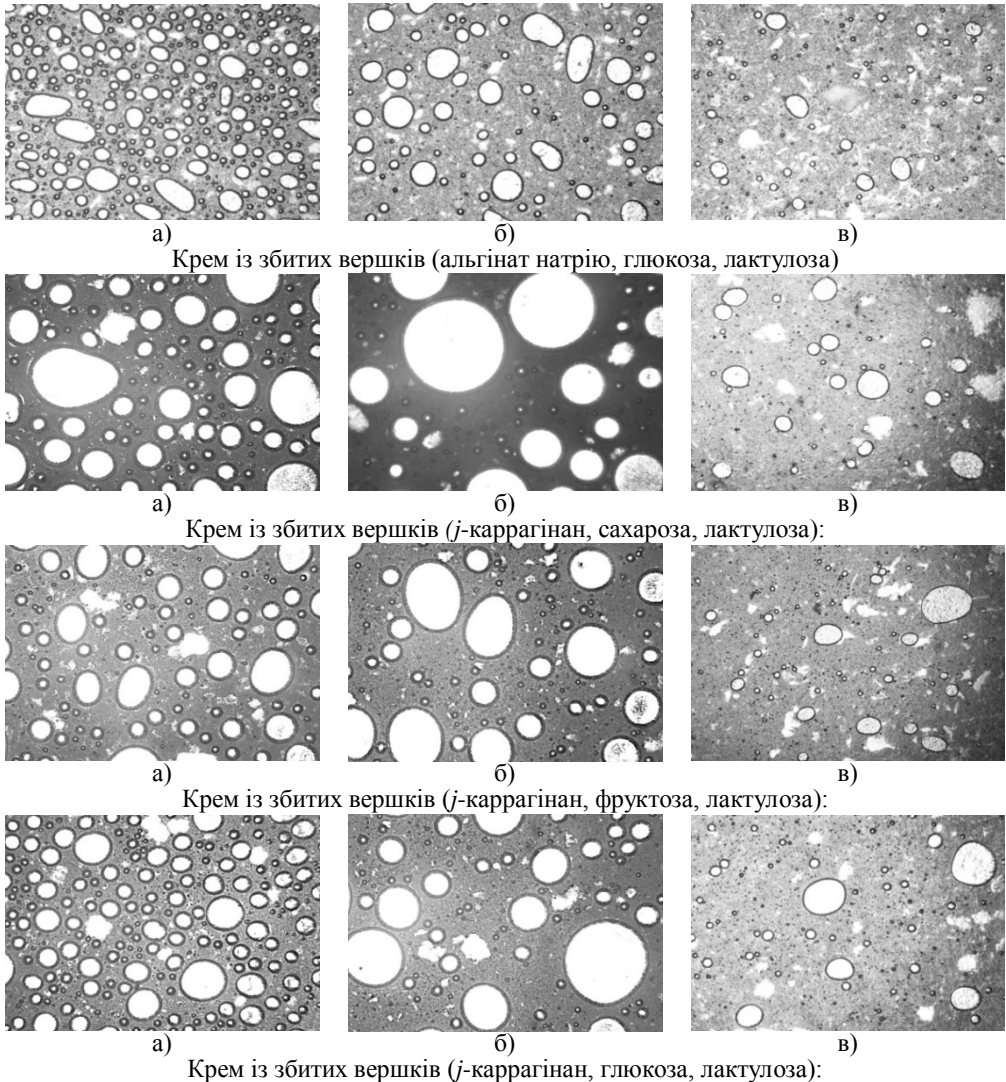


Рис. 2. Мікроструктура кремів із збитих вершків з лактулозою а) зразки одразу після збивання; б) зразки через 2 год зберігання; в) зразки через 5 дів зберігання.

Аналіз мікрофотографій показав, що при додаванні лактулози до складу кремів із збитих вершків діаметр пухирців повітря зменшується (рис. 3).

Результати даних показали, що при додаванні лактулози до складу кремів із збитих вершків значно зменшується концентрація повітря в систем. Наприклад, у зразках кремів з альгінатом натрію, сахарозою і лактулозою кількість повітря в системі залежно від тривалості зберігання варіює в межах від 23% до 4% (з альгінатом натрію і лише сахарозою — від 51% до 16%); в кремах з альгінатом натрію, глюкозою і лактулозою — від 18% до 3% (з альгінатом натрію і лише глюкозою — від 44% до 13%); в кремах з альгінатом натрію, фруктозою і лактулозою — від 17% до 2% (з альгінатом натрію і лише фруктозою — від 40% до 12%).

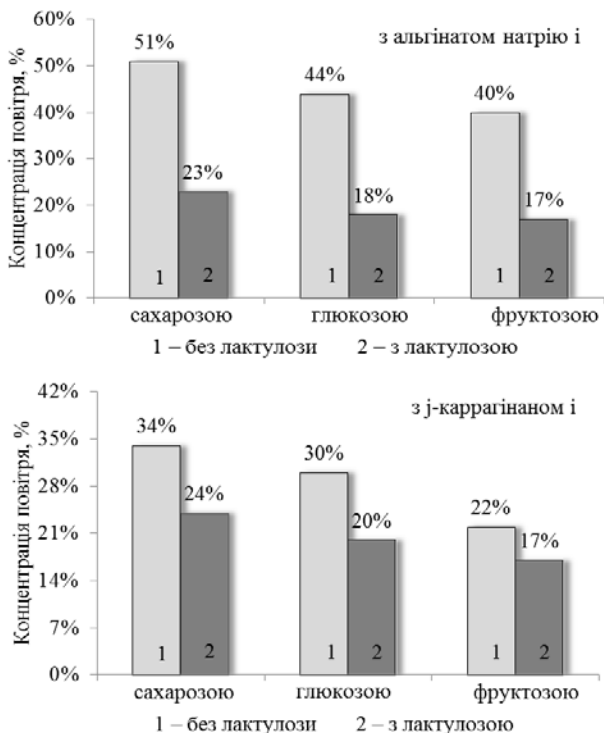
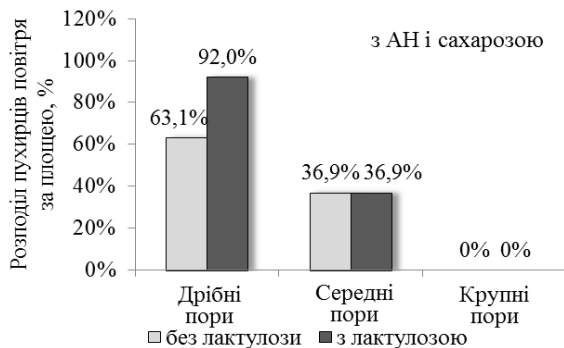


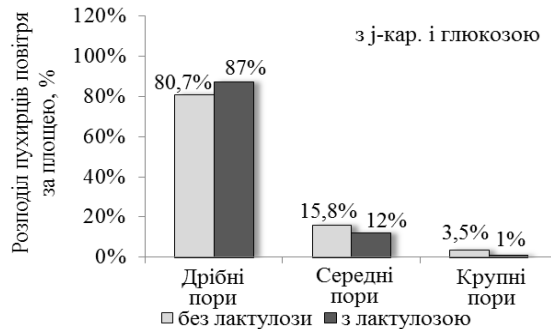
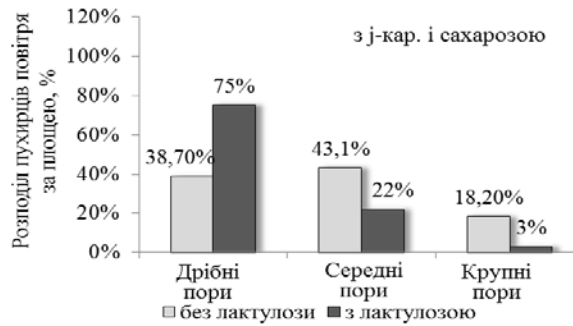
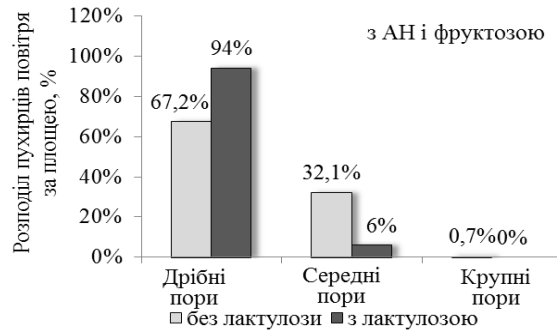
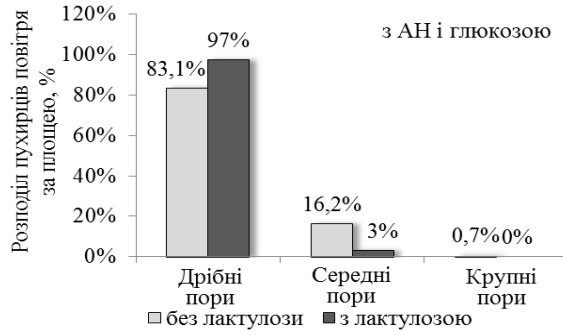
Рис. 3. Вміст повітря в зразках кремів із збитих вершків з різними цукрами

Аналогічні залежності були встановлені і з використанням j-каррагінану: в кремах з j-каррагінаном, сахарозою і лактулозою концентрація повітря в системі — від 24% до 7% (з j-каррагінаном і лише з сахарозою — від 34% до 13%); в зразках з j-каррагінаном, глюкозою і лактулозою — від 24% до 7% (з j-каррагінаном і лише з глюкозою — від 30% до 11%); з j-каррагінаном, фруктозою і лактулозою — від 17% до 5% (з j-каррагінаном і фруктозою — від 22% до 6%).

Слід відмітити, що надмірно низька концентрація повітря в зразках кремів з лактулозою після 5 діб зберігання підвищує суттєво густину, креми втрачають пишність, вимоги до консистенції не відповідають ДСТУ, що не дозволяє їх рекомендувати до споживання після такого терміну.

Також змінюється розподіл пухирців повітря за площею (рис. 4).





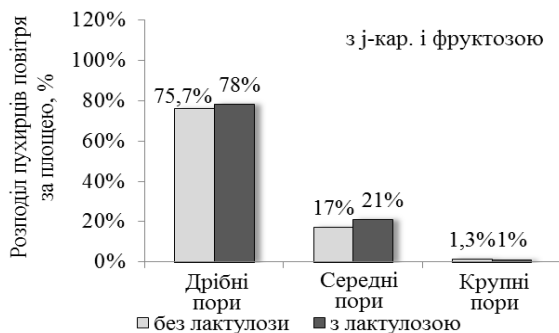


Рис. 4. Характеристика мікроструктури кремів із збитих вершків з різними цукрами

Як і в контрольних зразках, кількість пухирців повітря зменшується з часом зберігання. Так, одразу після збивання крем з альгінатом натрію, сахарозою і лактулозою представлений на 92% порами площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 8% порами з площею від $0,001 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання той самий зразок крему складається на 69% пор з площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 31% порами з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,15 \text{ м}^2$; через п'ять діб зберігання — на 88,7% пор з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 11,3% порами з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$); крем з альгінатом натрію, глюкозою і лактулозою одразу після збивання складається на 88% пор площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 12% порами з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання кількість повітря зменшується і зразок містить 83% пори з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і 17% пор з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$; через п'ять діб зберігання — 72% пор з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і 11,3% пор з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$); крем з альгінатом натрію, фруктозою і лактулозою одразу після збивання складається на 87% пор площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 13% порами з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання зразок містить 83% пор з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і 17% пор з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$; через п'ять діб зберігання — 98% пор з площею до $0,005 \text{ м}^2$ і 2% пор з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,01 \text{ м}^2$).

Аналогічні зміни відбуваються і для кремів з використанням *j*-каррагінану. Наприклад, одразу після збивання крем з *j*-каррагінаном, сахарозою і лактулозою складається на 75% пор площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 25% порами з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,1 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання в зразку крему міститься на 58,8% пор з площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 41,2% пор з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,15 \text{ м}^2$; через п'ять діб зберігання — на 84,4% пор з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 15,6% порами з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$); крем з *j*-каррагінаном, глюкозою і лактулозою складається на 87% пор площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 13% порами з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,05 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання в зразку крему міститься на 69% пор з площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 31% пор з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,1 \text{ м}^2$; через п'ять діб зберігання — на 86,3% пор з площею до $0,005 \text{ м}^2$ і на 13,7% порами з площею від $0,005 \text{ м}^2$ до $0,1 \text{ м}^2$); крем з *j*-каррагінаном, фруктозою і лактулозою представлений на 93,1% порами з площею до $0,025 \text{ м}^2$ і на 7,4% порами з площею від $0,25 \text{ м}^2$ до $0,01 \text{ м}^2$ (через дві години зберігання в зразку крему складається на 79,2% пор з площею до $0,01 \text{ м}^2$ і на 20,8% пор з площею від $0,01 \text{ м}^2$ до $0,1 \text{ м}^2$; через п'ять діб

зберігання — на 81,6% пор з площею до 0,005 м² і на 18,4% пор з площею від 0,005 м² до 0,1 м²).

Висновки

Отже, визначено, що збільшення концентрації лактулози від 3 до 10 г на 100 г продукту негативно впливає на збитість кремів із збитих вершків і суттєво змінює рисунок дисперсної фази кремів, тому оптимальним є введення 3 г на 100 г продукту. Проте навіть невисока кількість введеної лактулози забезпечує покриття добової потреби лактулози на 30% від щоденної норми споживання. Це доводить можливість розроблення кремів функціонального спрямування.

Література

1. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: A global perspective. Washington: WCRF/AICR (World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research), 2007. 579 p.
2. Камбулова Ю. В., Звягінцева-Семенець Ю. П., Пасічний В. М., Кобилінська О. В., Яценко В. М. Реологічні властивості вершкових кремів зниженої жирності з полісахаридами і різновидами цукрів. *Продовольча індустрія АПК*. 2016. № 6. С. 24—28.
3. Schumann C. Medical, nutritional and technological properties of lactulose. *An update. Eur J Nutr*. 2002. № 41. P. 117—125.
4. Дорохович А. М., Ковалевська, Є. І., Лазоренко Н. П. Визначення структурно-механічних властивостей тіста для мафінів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2012. № 40. С. 156—160.
5. Божок О. С. Удосконалення технології жувальної карамелі спеціального призначення: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів». Нац. ун-т харч. технол. Київ, 2017. 24 с.
6. Крепенко А. Т. Разработка технологии разработки технологии мороженого с лактулозой. *Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института*. 2016. № 9. С. 92—94.
7. Bannikova A., Almrhag O., George P., Katopo L., Chaudhary D., Kasapis S. Analysis on the effectiveness of co-solute on the network integrity of high methoxy pectin. *Food Chemistry*. 2012. № 135(3). P. 1455—1462.
8. Пивоваров П. П., Горальчук А. Б., Пивоваров Є. П., Трощій Т. В., Рябець О. Ю., Гринченко Н. Г. Теоретичні основи харчових технологій: навч. посіб. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2010. 362 с.
9. Кравченко М. Ф., Антоненко А. В. Теоретичні основи харчових технологій: навч. посіб. Київ. нац. торг.-екон. ун-т. Київ, 2011. 516 с.
10. Неміріч А. В., Петруша О. О., Науменко К. А., Вашека О. М. Методи контролю якості продукції у галузі. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: для студ. напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» професійного спрямування «Технології харчування» денної та заочної форм навчання. Нац. унів. харч. техн. Київ, 2014.

УДК 664.6:637.344

PROSPECTS OF USE OF DRY MULTICOMPONENT
CONCENTRATES ON THE BASIS OF MILK WHEY IN THE
TECHNOLOGY OF WHEAT BREAD

O. Kochubei-Lytvynenko, O. Bilyk

National University of Food Technologies

Key words:

*Dry multicomponent
concentrate
Whey powder
Magnesium
Manganese
Recipe
Wheat bread*

Article history:

Received 11.12.2019
Received in revised form
23.12.2019
Accepted 15.01.2020

Corresponding author:

O. Kochubei-Lytvynenko

E-mail:

nniht_nuft@ukr.net

ABSTRACT

The paper is devoted to the development of dry multicomponent concentrates on the basis of dry whey for intended purpose and the study of their functional and technological properties. The potential of such products and the demand in the baking industry have been substantiated. Using a chemometric method, a simulation of an array of experimental data on the main physico-chemical, physico-mechanical and functional-technological parameters of different types of dry whey has been performed. The advantage of dry whey made from raw materials, processed by combining the technology of desalination with electrospray enrichment by minerals, developed in PSRL NUFT has been proved.

The ingredients for the dry multicomponent concentrate were selected and rational doses were established, which correlated with practical recommendations for wheat bread technology. The introduction into the formulation of the enzyme preparation with amilolytic action Novamil 1500 MG, moisture-retaining additives — carboxymethylcellulose, apple pectin, maltodextrin, emulsifier — sunflower phosphatide concentrate and ascorbic acid, as a justification, has been substantiated.

The main indicators of quality of dry multicomponent concentrate made on the basis of dry whey enriched with Magnesium and Manganese in comparative with concentrate on dry demineralized serum (control) have been investigated. There was a low tendency to caking and no evidence of non-enzymatic darkening in the test sample compared to the control.

On the basis of the results of laboratory baking of wheat bread with the use of the developed concentrate, the positive influence of the latter on the course of biochemical processes in the dough has been proved. It has been found that the introduction of dry multicomponent concentrate based on dry whey enriched with Mg and Mn in the amount of 2% by weight of flour to the dough formulation for wheat bread helps to improve the elasticity of the dough and increase the specific volume of bread by 8.8% relative to the control without adding concentrate.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-20

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СУХИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ КОНЦЕНТРАТІВ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО

О. В. Кочубей-Литвиненко, О. А. Білик

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена розробленню сухих багатокомпонентних концентратів на основі сухої молочної сироватки цільового призначення та дослідженню їх функціонально-технологічних властивостей. Обґрунтовано потенціал таких продуктів і затребуваність у хлібопекарській промисловості. Хемометричним методом проведено моделювання масиву експериментальних даних щодо основних фізико-хімічних, фізико-механічних і функціонально-технологічних показників різних видів сухої молочної сироватки. Доведено перевагу сухої молочної сироватки, виробленої із сировини, обробленої комбінуванням технології знесолення з електроіскровим збагаченням мінеральними речовинами, розробленої в проблемній науково-дослідній лабораторії Національного університету харчових технологій.

Здійснено вибір інгредієнтів для сухого багатокомпонентного концентрату та встановлено раціональні дози, що корелюють із практичними рекомендаціями для технології хліба пшеничного. Обґрунтовано введення до складу рецептури ферментного препарату амілолітичної дії Новаміл 1500 MG, вологотримувальних добавок — карбоксиметилцелюлози, яблучного пектину, мальтодекстрину, емульгатора — соняшникового фосфатидного концентрату та аскорбінової кислоти як окиснювача.

Досліджено основні показники якості сухого багатокомпонентного концентрату, виробленого на основі сухої молочної сироватки, збагаченої Магнієм та Манганом в порівняльному аспекті з концентратом на сухій демінералізованій сироватці (контроль). Встановлено низьку схильність до злежування та відсутність ознак неферментативного потемніння в дослідному зразку порівняно з контролем.

На підставі результатів лабораторного випікання хліба пшеничного із застосуванням розробленого концентрату доведено позитивний вплив останнього на перебіг біохімічних процесів у тісті. Встановлено, що внесення до рецептури тіста для хліба пшеничного сухого багатокомпонентного концентрату на основі сухої молочної сироватки, збагаченої Mg і Mn, в кількості 2% до маси борошна сприяє покращенню еластичності тіста та збільшенню питомого об'єму хліба на 8,8% відносно контролю без додавання концентрату.

Ключові слова: *сухий багатокомпонентний концентрат, суха молочна сироватка, магній, манган, рецептура, хліб пшеничний.*

Постановка проблеми. Молочна сироватка та продукти її перероблення не тільки збагачують хлібобулочні вироби цінними мікронутрієнтами, але й є ефективними натуральними поліпшувачами якості готових виробів, тому інтерес науковців до цієї нетрадиційної для хлібобулочних виробів сировини не згасає [1—3].

Теоретичні й практичні аспекти використання молочної сироватки та продуктів її перероблення під час виробництва хлібобулочних виробів викладені у працях І. М. Ройтера, В. І. Дробот, Н. О. Чумаченко, В. Ф. Доценко, С. А. Рябцевої, Т. Б. Циганової, А. Г. Храмцова, І. А. Євдокимова та ін.

З додаванням молочної сироватки підвищується харчова цінність хліба. Так, у разі внесення в борошно 20% сироватки вміст цукрів у хлібі збільшується на 20%, амінокислот (особливо незамінних: лізину, валіну, треоніну, метіоніну, лейцину) — на 18%. У ньому міститься значно більше біологічно цінних макро- і мікроелементів, %: кальцію — на 25...30, калію — на 33...41, міді — на 20...37, кобальту — на 12...21, молібдену — на 4...12, олова — на 4...17, ванадію — на 19...22 [4].

Окрім цього, за рахунок молочної сироватки поліпшуються колір і аромат виробів, збільшуються їхня пористість і питомий об'єм, вони повільніше черствіють. Уповільненню черствіння хліба сприяють такі компоненти молочної сироватки, як органічні кислоти, білок, лактоза. Крім того, молочна сироватка завдяки наявності в ній кислот запобігає розвитку картопляної хвороби хлібобулочних виробів за рахунок підвищення кислотності тіста та хліба [2; 3].

Проте додавання лише натуральної сироватки не здатне комплексно вирішити проблему поліпшення якості хліба та збереження ним його свіжості [5]. До того ж натуральній сироватці бракує технологічної лабільності, вона перестала відповідати вимогам сучасних прискорених технологій виготовлення хліба внаслідок незначного терміну придатності, необхідності додаткових виробничих площ і обладнання для її зберігання та дозування. На хлібозаводах великої потужності натуральна сироватка повністю замінена на суху підсирну сироватку, здебільшого демінералізовану.

Суха молочна сироватка (СМС) загалом справляє позитивний вплив на якість хліба в загальноприйнятих дозуваннях (до 5%), однак не здатна самотійно вирішити всі технологічні завдання та забезпечити хлібобулочні вироби всіма необхідними мікронутрієнтами. Зокрема, за її використання мінеральними речовинами вироби збагачуються несуттєво. Особливо це стосується знесоленої сироватки, обсяги виробництва та використання якої на підприємствах України та світу зростають [6; 7].

Виробники хлібобулочних виробів вирішують важливе для хлібопекарської промисловості завдання — виробництва конкурентоспроможної хлібобулочної продукції із стабільними споживчими властивостями, використовуючи різні харчові добавки, інгредієнти, хлібопекарські поліпшувачі та полікомпонентні суміші [8; 9].

Враховуючи попит на такі напівпродукти у хлібопекарській промисловості перспективним є виробництво на молочних підприємствах сухих багатокомпонентних молокозмісних концентратів з властивостями поліпшувачів хліба, до складу яких, окрім молочної основи, слід вводити нетрадиційну сировину, мінеральні солі, харчові добавки (відновної, окисної дії, структуроутворювачі, поверхнево-активні речовини, ферментні препарати) тощо.

Зазначені концентровані суміші характеризуються тривалим терміном зберігання, транспортабельні і містять усі поживні та біологічно цінні речовини, необхідні для збагачення хлібобулочних виробів.

Асортиментний ряд концентрованих продуктів на основі молочної сироватки для хлібобулочних виробів є обмеженим [7]. Враховуючи потенціал таких про-

дуктів і затребуваність у хлібопекарській промисловості, актуальним є розроблення та впровадження нових продуктів на основі сухої молочної сироватки з властивостями комплексного поліпшувача якості хліба.

Мета дослідження: розробити рецептуру сухого багатокомпонентного концентрату на основі молочної сироватки (СБКМС) для хлібопекарської промисловості, дослідити її функціонально-технологічні властивості та вплив на якість хліба пшеничного.

Матеріали і методи. Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи держбюджетного фінансування «Наукові засади розроблення ресурсоощадних технологій білокрмісних поліфункціональних концентратів для харчових продуктів цільового призначення» (№ держреєстрації 0117U001243).

Об'єкти досліджень: суха молочна сироватка вітчизняного виробництва, вироблена із залученням різних способів оброблення сировини перед сушінням (електродіаліз, нанофільтрація, комбінування нанофільтрації з електроіскровим збагаченням мінеральними елементами та вироблених за традиційною технологією без демінералізації сировини); СБКМС; хліб пшеничний із борошна вищого сорту.

Під час дослідження використовувались стандартні та спеціальні методи оцінювання органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних властивостей сировини та готових продуктів.

Результати і обговорення. Під час вибору сухої молочної основи для розроблення рецептури СБКМС було відібрано 15 зразків сухої підсирної сироватки, вироблених на вітчизняних підприємствах молочної промисловості (АТ «Пирятинський сирзавод», ПАТ «Золотоніський маслоробний комбінат», ВАТ «Тулчинський маслосирзавод», ПАТ «Дубно-молоко» та ін.) з використанням електродіалізу, нанофільтрації, комбінування нанофільтрації з електроіскровим обробленням молочної сироватки та без використання технологій знесолення.

Для дослідних зразків визначено основні фізико-хімічні, фізико-механічні та функціонально-технологічні показники.

Оскільки, результатом досліджень був масив числових даних, які необхідно зберігати, порівнювати з відомими аналогами, піддавати обробленню, використовувалися методи статистики, інформатики й теорії аналізу даних, виникла потреба у використанні сучасних комп'ютерно-орієнтованих методів. Для розв'язання цього завдання було обрано метод головних компонент (МГК), який широко застосовується під час оброблення великих масивів експериментальних даних [12; 13].

Моделювання проводили у програмному середовищі продукту OriginPro 9.1. Перед проведенням моделювання масив даних був підданий автомасштабному перетворенню для усунення масштабного чинника.

Аналіз результатів оброблення даних дав змогу встановити, що перші дві головні компоненти (ГК) сумарно описують близько 72% відмінностей між зразками (ГК1 — 50,2%, ГК2 — 22,2%).

Згідно з графіком розрахунків першої та другої компонент (рис. 1) відмічено, що зразки СМС розділено на три окремі групи. До першої були віднесені зразки, вироблені з використанням мембранних методів і електродіалізу (СМС 1—5, 7—11, 14—15), до другої — суха підсирна сироватка без знесолення (СМС 12, 13), до третьої — СМС, вироблена із знесоленої нанофільтрацією сировини з подальшим її електроіскровим збагаченням Магнієм і Манганом (СМС 6).

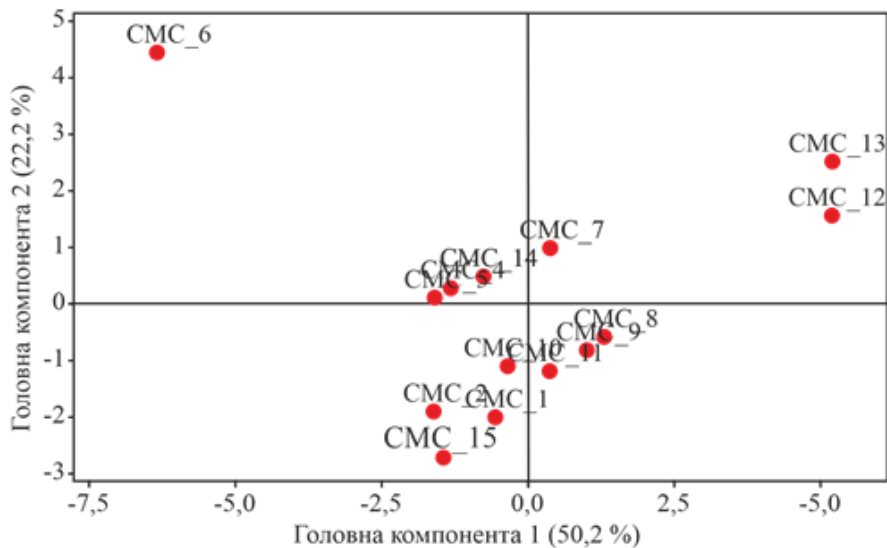


Рис. 1. Графіки розрахунків для зразків СМС, вироблені з використанням різних видів оброблення сировини

Навантаження перших двох компонент наведено у табл. 1, з якої видно, що на $ГК_1$ найбільше впливає показник активності води, масова частка вологи, титрована кислотність, індекс розчинності, ступінь злежування та білість. На $ГК_2$ — температура склування, різниця між температурою склування та зберігання, індекс чутливості до налипання і злежування, вміст мангану.

Таблиця 1. Навантаження перших двох головних компонент (ГК)

Показник	ГК1 (50,3%)	ГК2 (22,2%)
Ступінь демінералізації, %	-0,227	-0,114
Масова частка вологи, %	0,284	0,187
Масова частка лактози, %	-0,223	-0,199
Кислотність відновленого продукту, °Т	0,299	0,164
Показник активності води, A_w , ум. од.	0,309	-0,070
Індекс розчинності, $см^3$ сирого осаду	0,306	0,150
Об'ємна насипна густина, $г/см^3$	0,215	0,057
Насипна густина з ущільненням, $г/см^3$	0,226	0,097
Ступінь злежування, %	0,304	-0,047
Температура склування, °С	-0,049	0,489
Різниця температур зберігання і склування	0,049	-0,489
Індекс чутливості до налипання і злежування	0,145	-0,446
Білість, відн. од.	-0,329	-0,059
Вміст Mg, г/кг	-0,244	0,247
Вміст Mn, мг/кг	-0,226	0,305

Зіставлення графіків розрахунків і значень навантажень вказувало на відокремлення нового виду СМС, збагаченої Магнієм і Манганом унаслідок електрокрокового оброблення сировини, в окрему групу, найбільший вплив мала темпе-

ратура силування. Вона, до того ж, позитивно характеризувала його за стійкістю до зберігання, зокрема за відсутністю ознак злежування та неферментативного потемніння.

Оцінювання показників якості дослідних зразків сухої молочної сироватки, виробленої з використанням різних методів оброблення сировини, засвідчило перевагу сухої сироватки, виробленої комбінуванням технології знесолення з електроіскровим збагаченням мінеральними речовинами.

Подальші дослідження стосувалися підбору харчових добавок та інгредієнтів для СБКМС. Аналізуючи літературні дані та практичний досвід, слід зазначити, що для подовження свіжості хлібобулочних виробів і поліпшення їх якості у разі переробки борошна зі знизеними хлібопекарськими властивостями використовують вологоутримувальні добавки, ферменти амілолітичної дії, поверхнево-активні речовини та окиснювачі [14].

Найбільш розповсюдженою вологоутримувальною добавкою для хлібобулочних виробів є карбоксиметилцелюлоза, яка покращує структурно-механічні властивості тіста, а також володіє властивостями добавки, що запобігає злежуванню та грудкуванню сипких продуктів. Рекомендованим дозуванням є від 0,1...0,4% до маси борошна [15]. Встановлено раціональну дозу в кількості 0,2% до маси борошна.

Ефективною вологоутримувальною добавкою у технології хлібобулочних виробів є гідроколоїд — яблучний пектин, з високим ступенем заміщення метоксильними групами. Рекомендоване дозування — від 0,01...0,04% до маси борошна [16]. Дослідним шляхом визначено раціональне дозування у складі СБКМС у кількості 0,02% до маси борошна.

Доцільним є також додавання як вологоутримувальної добавки мальтодекстрину, який сприятиме підвищенню ступеня утримання вологи. [17]. Згідно з літературними даними та практичними рекомендаціями дозування мальтодекстрину становить від 0,01 до 0,05% до маси борошна. Для виробництва СБКМС встановлено раціональне дозування 0,04%.

Найбільш розповсюдженим способом покращання якості хлібобулочних виробів і подовження їх свіжості є використання ферментів амілолітичної дії. Як мальтогенна α -амілаза застосовується ферментний препарат Новаміл 1500 МГ датської фірми Novozymes. Рекомендованим дозуванням є від 0,005 до 0,02% до маси борошна [15]. На підставі опрацювання літературних джерел рекомендуємо його раціональне дозування у кількості 0,01% до маси борошна.

Для подовження свіжості хлібобулочних виробів використовують емульгатори, які вступають у взаємодію з біополімерами борошна, утворюючи складні комплексні сполуки, що поліпшують структурно-механічні властивості тіста та якість хлібобулочних виробів [18]. Виробниками хліба рекомендується використовувати соняшниковий фосфатидний концентрат у кількості 0,12% до маси борошна.

Аскорбінова кислота як один з натуральних окиснювачів у технології хлібобулочних виробів є незамінним інгредієнтом комплексних хлібопекарських поліпшувачів [19]. На підставі літературних джерел рекомендовано вводити її у кількості 0,01% до маси борошна, що й враховано під час розроблення СБКМС.

Враховуючи підібрані інгредієнти до складу сухого багатокомпонентного молокового концентрату для хлібобулочних виробів і рекомендовані дози їх введення, розроблено рецептуру (табл. 2).

Таблиця 2. Рецептатура сухого багатокомпонентного концентрату на основі сухої молочної сироватки для хлібобулочних виробів

Сировина	Норма витрат на 1000 кг СБМССМС «СМС_плюс»
Суша молочна сироватка, збагачена	833
Ферментний препарат Новаміл 1500 МГ	4,12
Карбоксиметилцелюлоза	83,3
Яблучний пектин	8,3
Мальтодекстрин	16,8
Соняшниковий фосфатидний концентрат	50
Аскорбінова кислота	4,12
Разом	1000

За розробленою рецептурою готували способом сухого змішування дві групи зразків:

- перша («СМС_плюс») — на основі сухої молочної сироватки, знесоленої нанофільтрацією (контроль);
- друга («СМС_{Mg, Mn}_плюс») — на основі сухої молочної сироватки, збагаченої магнієм і манганом.

Приготовлені зразки герметично запаковували і зберігали за стандартних для сухих сипких харчових продуктів умов: температура ($18 \pm 2^\circ\text{C}$), відносна вологість не більше ніж 75%.

У свіжовиготовлених продуктах і під час зберігання досліджували органолептичні, фізико-хімічні та функціонально-технологічні показники (табл. 3).

Таблиця 3. Показники якості сухих багатокомпонентних молоковісних сумішей на основі сухої молочної сироватки

Показники	Характеристика і норма	
	«СМС_плюс»	«СМС _{Mg, Mn} _плюс»
Зовнішній вигляд	Однорідна, порошкоподібна, сипка суміш	
Колір	Білий з кремовим відтінком	
Запах	Властивий молоку, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий	
Мінеральні та сторонні домішки	Не допускаються	
Масова частка вологи, %, не більше	15,0	
Крупність помелу: масова частка залишку на ситі з шовкової тканини № 35, не більше %	14	
Металомагнітна домішка, мг/кг, не більше	Не допускається	
Індекс розчинності, см ³	0,3	0,1
Ступінь злежування, %	16,1	3,6
Білість, ум. од.	86,2	91,7

Результати досліджень засвідчили, що у разі виробництва сухого багатокомпонентного молоковісного концентрату на основі сухої молочної сироватки, збагаченої магнієм і манганом, відсутній негативний вплив електро-

фізичного оброблення сировини на органолептичні та фізико-хімічні показники СБКМС. Навпаки, поряд зі збільшенням вмісту Mg та Mn спостерігалось покращання розчинності, низька схильність до утворення грудочок (ступінь злежування не перевищував 3,0%) та найкраща білизна, яка залишалася навіть під час зберігання протягом 8 місяців.

Для підтвердження позитивного впливу на крупність досліджували дисперсний аналіз частинок сухого багатокомпонентного концентрату СМС_плюс і СМС_{Mg, Mn_плюс}, проведеного за допомогою аналізатора Malvern Microsizer (Велика Британія). Встановлено, що середній розмір частинок у досліджуваних продуктах різнився не значно і становив 74,3 і 73,1 мкм відповідно для СМС_плюс і СМС_{Mg, Mn_плюс}.

Подальші дослідження стосувалися можливості використання розроблених СБКМС у технології хлібобулочних виробів. З цією метою проводили пробні лабораторні випікання. Тісто готували безопарним способом за рецептурою хліба пшеничного (цей хліб служив контролем), СБКМС дозували в кількості 2,0% до маси борошна. Оцінювання якості тіста та хліба проводили за фізико-хімічними, органолептичними показниками та комплексним показником якості. Результати представлено в табл. 4.

Таблиця 4. Вплив розробленого сухого багатокомпонентного молоковмісного концентрату на якість тіста та хліба

Показники якості хліба	Хліб		
	контроль (без добавок)	СМС_плюс	СМС _{Mg, Mn_плюс}
<i>Тісто</i>			
Масова частка вологи, %	44,0		
Титрована кислотність, град:			
- початкова	1,4	1,6	1,6
- кінцева	1,8	2,2	2,2
Тривалість бродіння, хв	60		
Тривалість вистоювання, хв	80		
Питомий об'єм тіста, см ³	118	121	124
Розпливання кульки тіста, мм	94	104	102
Газоутворення за період бродіння та вистоювання, см ³ /100г	282	303	314
<i>Готові вироби</i>			
Питомий об'єм, см ³ /100 г	287	308	328
Пористість, %	72	76	82
Кислотність, град	1,4	2,1	2,0
Формостійкість Н/Д	0,38	0,40	0,44
Кришкватість м'якушки, %			
- через 4 год	3,8	3,9	3,8
- через 72 год	10,2	8,1	6,4
Комплексний показник якості	87,3	91,1	96,4

Встановлено, що у разі використання СМС_{Mg, Mn_плюс}, підвищувалася кислотність тіста порівняно з контролем. Це спостерігалось протягом усього часу бродіння. Виявлено, що використання всіх досліджуваних зразків інтенсифікує

бродиння, про що свідчить більше накопичення діоксиду вуглецю як на стадії бродиння, так і під час його вистоювання. Це пов'язано зі збагаченням тіста поживними речовинами для життєдіяльності дріжджів. Активізація дріжджів у тісті з СБКМС зумовлює скорочення тривалості вистоювання. Внесення СБКМС збільшує розпливання кульки тіста, очевидно за рахунок впливу лактози на білково-протеїназний комплекс.

Дослідження якості готових виробів показало, що за рахунок підвищення газоутворення, питомого об'єму тіста і послаблення клейковинного каркасу з внесенням СБКМС збільшується питомий об'єм хліба. Так, у хлібі з СБКМС СМС_плюс та СМС_{Мg, Мn_плюс}, цей показник порівняно з контролем збільшувався, відповідно, на 5,0 та 8,8%. Встановлено, що завдяки внесенню СБКМС покращується формостійкість виробів за рахунок покращання еластичності тіста.

Висновки

Хеометричним методом проведено моделювання масиву експериментальних даних щодо основних фізико-хімічних, фізико-механічних і функціонально-технологічних показників різних видів сухої молочної сироватки.

Доведено перевагу сухої молочної сироватки, виробленої із сировини, обробленої комбінуванням технології знесолення з електроіскровим збагаченням мінеральними речовинами.

На підставі підібраних інгредієнтів та їх раціонального дозування розроблено рецептуру СБКМС і досліджено його фізико-хімічні та функціонально-технологічні показники.

Доведено позитивний вплив внесення до складу рецептури тіста для хліба пшеничного сухого багатокомпонентного концентрату на основі сухої молочної сироватки, виробленої із сировини, обробленої комбінуванням технології знесолення з електроіскровим збагаченням Магнієм і Манганом.

Література

1. Рыженков Д. В. Разработка продуктов функционального назначения на основе молочной сыворотки и зерновых добавок: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.04. Кемерово, 2003. 183 с.
2. Дробот В. І., Писарець О. П. Молочна сироватка покращує якість хліба з суміші пшеничного і кукурудзяного борошна. *Хранение и переработка зерна*. 2014. № 10. С. 43—48.
3. Бортнічук О. В., Гавриш А. В., Неміріч О. В., Доценко В. Ф. Інноваційні підходи в технології хлібобулочних виробів з сухою молочною сироваткою. *Харчова наука і технологія*. 2015. № 2(31). С. 97—102.
4. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. К.: Логос, 2002. 365 с.
5. Українець А., Кочубей-Литвиненко О., Білик О., Захаревич В., Васильченко Т. Дослідження впливу збагаченої сухої сироватки на якість хліба спеціального призначення. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2016. Т. 2, N 11(80). С. 32—41.
6. DeWit J. N. Lecturer'sh and book on whey and whey products. Eindhoven: Huntrskil Howard, 2001. 91 p.
7. Храмов А. Г. Феномен молочной сыворотки. Спб.: Профессия, 2011. 804 с.
8. Білик О. А., Халікова Е. Ф., Грегірчак Н. М., Маринін А. І. Перспективи використання комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість К+» у технології хлібобулочних виробів. *Харчова наука і технологія*. 2015. № 2(31). С. 90—97.
9. Bilyk O., Kochubei-Lytvynenko O., Bondarenko Yu., Khalikova E. Improvers and ingredients for prolonging the freshness of bakery products: monograph. Warsaw: Publisher, 2018. 48 p.

10. Кочубей-Литвиненко О. В. Изучение свойств и хранимоспособности сухой сыворотки, полученной с использованием электроискровой обработки. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые биотехнологии»*. 2016. Vol. 4, № 1. С. 20—28.
11. Кочубей-Литвиненко О. В., Чернюшок О. А. Нові підходи до мікроелементного збагачення сухих концентратів із молочної сироватки. *Наукові праці НУХТ*. Том 23, № 5, частина 1. С. 176—185.
12. Эбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы / Пер. с англ. Кучерявского С. В.; под ред. Родионовой О. Е. Черноголовка: Изд-во ИПХФ РАН, 2005. 160 с
13. Краснянчин Я. Н. Пантелеймонов А. В., Холин Ю. В. Хемометрические методы в контроле подлинности продуктов питания и пищевого сырья. *Методы и объекты химического анализа*. 2010. Т. 5, № 3. С. 118—147.
14. Харчові добавки та цукристі речовини в технології хлібобулочних виробів: монографія / В. І. Дробот, О. А. Білик, Н. І. Савчук, Ю. В. Бондаренко. Київ: Видавництво, 2017. 253 с.
15. Білик О., Бондаренко Ю., Десик М., Соколенко А., Ковбаса В., Бондар В. Дослідження ефективності використання комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість мінеральна+» для уповільнення черствіння булочних виробів. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2018. Т. 4, № 11(94). С. 69—78.
16. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. Edited by A. Imesin. 2010. Wiley-Blackweel: Oxford. 368 p.
17. Starch: chemistry and technology. 3th edstion. Edited by J. BeMiller, R. Whistler. 2009. Academicpress: Burlington. 894 p.
18. Функциональные продукты питания / под ред. В. И. Теплова. Москва: А-Приор, 2008. 240 с.
19. Бобышев К. А., Матвеева И. В., Юдина Т. А. Влияние аскорбиновой кислоты на свойства теста и качество хлеба. *Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки*. 2013. № 1. С. 52—55.

ADVANTAGES AND PROBLEMS IN STUDYING OF
MASSIVE FLOUR GOODS BAKING: LITERATURE REVIEW.
PART 2: HEAT AND MASS TRANSFER IN OVEN'S
BAKING CHAMBER

S. Dudko

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

V. Fedorov

Uman National University of Horticulture

Key words:

*Baking process,
Mathematical model,
Massiveness of bodies,
Heating regime,
Combined heat and mass
exchange*

Article history:

Received 03.12.2019
Received in revised form
18.12.2019
Accepted 12.01.2020

Corresponding author:

S. Dudko

E-mail:

dudko_ipdo@ukr.net

ABSTRACT

Baking is one of the most complex processes in the technologies of bakery and confectionery products, that's why there is a wide variety of approaches to its study. In this paper an attempt was made to systematization of carried thermal energy researches of the baking process in order to determine the suitability of the results for creating thermal model of the baking oven. Analysis of the models of combined heat exchange in the baking chamber in the literature showed that the main amount of researches are devoted to the study of separated sides of the baking integrated process. But a large number of studies was published and the appropriate mathematical models allow to formalise not only the separate elementary processes, but also the process of baking as a whole. During baking the conductive-radiation convection regime is the most acceptable, in which more heat should flow from the bottom, first of all, during the first period. At the same time, the correlation between the components of the heat flow can vary widely without a noticeable negative impact on the products' quality. The analysis described the significant difference between the received data by various authors regarding optimum numerical values and the kinetics of heat exchange between the products and the baking chamber medium. The heat flow kinetics data interpretation and its harmonization with baking temperature regime is not always convincing enough. Thus, the literature review shows that a general model of baking process is currently not created. This indicates the feasibility of continuation both experimental research of thermo physical processes and theoretical and methodological processing of the obtained data for development of more adequate models.

ДОСЯГНЕННЯ І ПРОБЛЕМИ У ВИВЧЕННІ ПРОЦЕСУ ВИПІКАННЯ МАСИВНИХ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ: ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.

ЧАСТИНА 2: ТЕПЛО І МАСОПЕРЕНОС У ПЕКАРНІЙ КАМЕРІ ПЕЧІ

С. Д. Дудко

*Інститут післядипломної освіти Національного університету
харчових технологій*

В. Г. Федоров

Уманський національний університет садівництва

Випікання є одним із найбільш складних процесів у технологіях хлібопекарських і борошняних кондитерських виробів, наслідком чого є широке розмаїття підходів до його вивчення. У статті зроблена спроба систематизації проведених теплоенергетичних досліджень процесу випікання з метою визначення придатності їх результатів для побудови теплової моделі хлібопекарської печі. Аналіз представлених у літературі моделей поєданого теплообміну в пекарній камері печі показав, що попри те, що основна кількість праць присвячена вивченню окремих сторін цього комплексного процесу, наявність великої кількості проведених досліджень і відповідних математичних моделей дає змогу скласти уявлення і формалізувати не лише окремі елементарні процеси, що були предметом вивчення, але й процес випікання в цілому. При випіканні подових хлібобулочних виробів наразі найбільш прийнятним вважається кондуктивно-радіаційно-конвективний режим, при якому більше теплоти має надходити з боку поду, насамперед протягом першого періоду. Водночас, співвідношення між складовими теплового потоку можуть коливатися у широких межах без помітного негативного впливу на якість виробів. Проведений аналіз висвітлив значне розходження даних, отриманих різними авторами щодо оптимальних чисельних значень і кінетики теплообміну між виробами та середовищем пекарної камери. Також не завжди достатньо переконливою є інтерпретація даних кінетики теплових потоків та узгодження їх з температурними режимами випікання.

Проведений огляд літератури засвідчує, що узагальненої моделі процесу випікання хлібобулочних і масивних борошняних кондитерських виробів наразі ще не створено. Це вказує на доцільність продовження як експериментальних досліджень теплофізичних процесів, так і ретельного теоретико-методичного опрацювання отриманих даних для розроблення більш адекватних моделей.

Ключові слова: процес випікання, математична модель, масивність тіл, тепловий режим, поєднана задача тепломасообміну.

Постановка проблеми. У першій частині статті [1] обґрунтований поділ усього асортименту борошняних виробів, що виготовляються шляхом випікання, на дві групи — тонких і масивних тіл за критерієм Біо, а моделі процесу випікання виробів систематизовані залежно від положення границь досліджуваної

системи. Згідно з цим підходом розглядаються три рівні: перший — моделі процесів, що відбуваються всередині тістової заготовки, що випікається (ТЗВ). На другому рівні ТЗВ розглядається як елемент пекарної камери — системи, в якій відбувається теплообмін. На третьому рівні мають бути розміщені найбільш комплексні моделі, що описують теплообмін між пекарною камерою з наявними в ній ТЗВ і нагрівною системою печі. Аналіз моделей першого рівня виконаний у першій частині статті. Моделі, що описують поєднаний тепломасообмін, є предметом розгляду другої частини.

Метою статті є вивчення можливості використання наявних літературних даних щодо кінетики тепломасообміну та значень характеристик середовища у пекарній камері для побудови на їх основі досконалих математичних моделей процесу випікання масивних борошняних виробів.

Викладення основних результатів дослідження. 2. Моделі II рівня. В ідеалі ці моделі мали б надавати повний опис поєднаного тепломасообміну — внутрішніх процесів у ТЗВ разом із взаємодією з середовищем пекарної камери печі. Однак складність цього завдання спонукає більшість дослідників обмежуватися вивченням лише окремих сторін комплексного процесу поєднаного тепломасообміну.

2.1. Температурний режим випікання. Під режимом випікання розуміють обстановку довкола ТЗВ, яка змінюється в організованому порядку протягом часу випікання τ_b , с. Для можливості узагальнення досліджуваних феноменів часто користуються відносною тривалістю $\theta = \tau / \tau_b$. Крім часових, важливими для процесу є кінетичні й термодинамічні характеристики середовища, а також форма, терморадіаційні властивості, розташування поверхонь — ТЗВ, стінок пекарної камери тощо.

Запропонований Лісовенком (1976) [2] раціональний режим випікання подового хліба масою 1,0 кг з пшеничного борошна передбачає процес у три стадії: проведення гіротермічної обробки (ГТО) в середовищі з вмістом водяної пари 80% і вище протягом 3 хв при температурі 120°C, далі — інтенсивна теплова обробка, що передбачає швидкий підйом температури пекарної камери до 190°C, яка підтримується впродовж більшої частини процесу. На третій стадії, починаючи з $\theta = 0,85$ —0,90, температура середовища має бути поступово знижена на 15—20°C задля зменшення втрат. Температура контактної поверхні (металевого поду) протягом всього процесу випікання підтримується постійною на рівні 200°C.

Вироби із житнього чи із суміші житнього і пшеничного борошна потребують інакших умов. Для подових житніх і змішаних виробів так само, як для пшеничних, розглядають модель випікання у три стадії: зволоження паром, так зване «обжарювання» при високій температурі і подальше випікання при більш низькій температурі. Раціональний режим, запропонований Лісовенком для хліба українського, передбачає гіротермічну обробку до 2 хв при 120°C і відносній вологості 80%, далі обжарювання при 220°C і майже відразу за цим — плавне лінійне зниження температури до 170°C в кінці процесу випікання. Аношина і Ковальова (2009) [3] пропонують для житньо-пшеничного хліба гіротермічну обробку при температурі 110—120°C і відносній вологості 70—72%

протягом 2 хв, обжарювання при температурі 240—250°C протягом 3 хв і допiкання при температурі 180—150°C. В сучасній практиці іноді температуру обжарювання піднімають до 270°C і вище.

Режим випікання формового хліба має певні відмінності. Therdtthai з колегами (2002) [4] досліджували режими випікання в закритих формах білого хліба у 4-зонній тупиковій печі. Мета дослідження полягала в тому, щоб оптимізувати процес, зменшивши упікання і мінімізувавши його тривалість шляхом підбору температур по зонах. Отриманий ними оптимум усередненої температури скоринки всередині форм становив 115, 130, 156 і 176°C для 1, 2, 3, 4 зон відповідно, тривалість випікання — 27,4 хв. Величина упікання при цьому становила близько 8%.

Важливість контролю упікання є загальноновизнаною, оскільки з його величиною пов'язана як витрата сировини та енергоресурсів, так і якісні показники готової продукції. Ovadia, Walker (1998) [5] зазначають, що зниження втрат вологи внаслідок упікання додатково призводить до більшої м'якості м'якуша хлібобулочних виробів і подовження строку зберігання виробів. Потреба у зниженні температури в кінці процесу задля зменшення упікання є актуальною і для масивних кондитерських виробів. При вироблянні формових борошняних виробів (бісквіт, кекс тощо) доцільно знижувати температуру середовища в останню чверть часу (Дорохович з колегами, 2012) [6]. Суттєвий вплив на величину упікання переважної більшості подових хлібобулочних виробів чинить середовище зони ГТО, яке також впливає і на якість кінцевого продукту.

Основні закономірності процесу гіротермічного оброблення ТЗВ були досліджені до середини 80-х років ХХ ст. і висвітлені у багатьох працях. За їх результатом сформувалися уявлення про оптимальні умови для процесу ГТО. Критеріями оптимізації в різних дослідженнях були: тривалість конденсації і маса конденсату, величина упікання, об'єм готових виробів, стан їх поверхні тощо. Якщо для більшості хлібних виробів з пшеничного борошна оптимальною вважаються температура 110—120°C і відносна вологість 70—80%, для булочних виробів оптимальна температура ГТО для отримання максимального блиску поверхні становить близько 140°C при тривалості процесу 70 с (Теличкун з колегами, 1989) [7]. Тривалість процесу ГТО визначається насамперед тривалістю конденсації пари, що, як правило, не перевищує трьох хвилин. Кількість конденсату на поверхні виробів за час ГТО за даними різних авторів суттєво різниться. Міхелев, Іцкович, (1968) [8] вказують максимальне значення 230 г/м², а для отримання глянцевої скоринки, за їхніми даними, достатньо 140—160 г/м². Володарський з колегами (1976) [9] наводять значення 400 г/м², Лісовенко (1976) [1] — 20—28 г/м². Германчуком з колегами (2012) [10] отримана залежність приросту маси конденсату з часом при температурі 140°C і вологості 80%. Її інтегрування у межах від 0 до 240 с дає результат порядку 113 г конденсату на 1 м² (в статті помилково вказано 0,013 кг/м²). Для подовження періоду конденсації, уникнення раннього утворення скоринки, що може призвести до недостатнього об'єму подових виробів та появи кругового підриву бокової поверхні, має бути забезпечене інтенсивне підведення теплоти під час ГТО від поду (Лісовенко, 1976) [2], (І. Маклюков, В. Маклюков, 1983) [11].

У досліджах Германчука з колегами (2014) [12] максимальна інтенсивність теплового потоку 3400 Вт/м^2 була зафіксована на 70-й секунді при температурі середовища 110°C та відносній вологості середовища 82%. При збільшенні відносної вологості до 90% зростає тривалість конденсації вологи і кількість сконденсованої вологи, інтенсифікується прогрівання верхніх і внутрішніх шарів ТЗВ (Германчук з колегами, 2013) [13]. При температурі 125°C , яка є близькою до раціональної за Лісовенком і яку можна вважати підходящою для більшості подових виробів з пшеничного борошна, встановлена залежність зміни температури t , $^\circ\text{C}$ верхньої поверхні ТЗВ від відносної вологості φ , % середовища зони ГТО: $t-t_0=1,79\varphi^{0,445} \ln\tau-4,97$, де t_0 — початкова температура поверхні ТЗВ, τ — тривалість процесу, с (Германчук з колегами, 2014) [14].

2.2. *Види теплообміну та співвідношення між ними в пекарній камері.* У переважній більшості промислових печей при випіканні масивних виробів реалізується кондуктивно-радіаційно-конвективний режим. Передача теплоти кондукцією відбувається через нижню опорну поверхню ТЗВ від поду печі, зверху через відкриту поверхню теплообмін відбувається в результаті конденсації/випаровування води, випромінюванням від нагрітих стінок пекарної камери і конвекцією від гарячого пароповітряного середовища. Для печей, що мають значну висоту пекарної камери, слід також враховувати і випромінювання від парогазового середовища, яке може складати до 20—26% від загальної густини теплового потоку випромінюванням (Кулешов, Седелкин, 2011) [15]. Для хлібобулочних виробів бажане співвідношення між кількістю отриманої теплоти через верхню і нижню поверхні ТЗВ за весь період випікання, на думку відповідних авторів, може становити 1:1 (Міхелєв, Іцкович, 1968 [8]), 2:3 (Лісовенко, 1976 [1]), 4:5 (І. Маклюков, В. Маклюков, 1984 [11]), 7:8 (Володарський з колегами, 1986 [16]). Для раціонального режиму випікання масивних кондитерських виробів (кексів, бісквіту, мафінів, пряників) Дорохович з колегами, (2012) [6] пропонують у першій чверті процесу «подачу теплоти зменшити на 25—30% від загальної теплоти», причому 2/3 теплоти підводити до ТЗВ знизу і 1/3 — зверху. При $\theta=0,25\dots 0,75$ тепловий потік має бути максимальним і симетричним, в останню чверть — зменшеним на 30%.

Krist-Spit, Sluimer (1987) [17] при випіканні хліба при постійній температурі в тунельній печі з непрямым обігрівом отримали такі дані щодо частки випромінювання у теплообміні через верхню поверхню ТЗВ: при 250°C і природній конвекції в пекарній камері — 73%, при 250°C і швидкості середовища 0,6 м/с — 64%, при 220°C і швидкості 1,5 м/с — 59%. Досліди, проведені Carvalho, Nogueira (1997) [18], показали, що при швидкості омивання ТЗВ не більше 0,6 м/с радіаційна компонента складала 57% від сумарної витрати, а при деяких комбінаціях зовнішніх умов — до 91%.

Standing (1974) [19] при випіканні бісквіту в печі з непрямым обігрівом наводить такі дані щодо розподілу за механізмом передачі теплоти: кондукцією — 20%, випромінюванням — 45%, вимушеною конвекцією — 35%. Близько половини теплоти іде на нагрівання продукту, інша половина — на випаровування. Дорохович з колегами (2012) [6] для бісквітів вказують на значення 47% теплоти, що споживається на прогрівання та покриття внутрішніх ендотермічних про-

цесів, решта — втрати з випареною вологою. Для кексів частка спожитої теплоти за їх даними становить 62%, для пряників — 65,7%. За даними Бондаренко з колегами (1977) [20] при випіканні бісквіту в металевих формах через нижню поверхню надходить 36% теплоти, через бічні поверхні — 38,5%, через верхню — 25,5%. За наявності паперової вкладки на дні форми кількість пропущеної теплоти, відповідно, перерозподіляється у співвідношенні 0,303/0,439/0,258.

Fahloul з колегами (1995) [21] досліджували випікання бісквіту в промисловій газовій печі з непрямим обігрівом пекарної камери (шість теплових зон). У результаті розрахунку тепловіддачі при вимушеній конвекції автори отримали дані про конвективну і радіаційну складові сумарного потоку. При постійній температурі в пекарній камері 200°C тепловий потік кондукцією від поду складає 11%, випромінюванням — 49% і конвекцією — 40%. При підвищенні температури в 3, 4 і 5 зонах до 230°C при тій же тривалості випікання (8 хв), відповідно, отримали 11, 55 і 34%, а при 200°C і додатковому триразовому підвищенні відбору пароповітряної суміші після 4 і 5 зон, що пришвидщило рух середовища — 10, 43 і 47%. Обчислення коефіцієнта конвективного теплообміну на верхній поверхні виробів виконували: при ламінарному режимі ($Re < 40$) $Nu = 4,5Re^{0,27}$; при турбулентному ($Re > 40$) $Nu = 0,7Re^{0,61}$, де $Re = vD/\nu$, ν — швидкість середовища; ν — коефіцієнт кінематичної в'язкості; $D = 2bh/(b+h)$ — еквівалентний діаметр, b — ширина пекарної камери, h — її висота. Металеві поверхні печі і бісквіт прийняті сірими поверхнями зі ступенем чорноти 0,9. Коефіцієнт тепловіддачі від поду був прийнятий постійним — 35 Вт м²К⁻¹. Наведені криві теплового потоку мають куполоподібну форму з максимумом порядку 2200 Вт/м² при температурі в камері 200°C і 2850 Вт/м² при 250°C.

Зазначимо, що використана авторами модель з граничними умовами третього роду є занадто спрощеною. Для врахування теплообміну з подом мала б бути застосована принаймні модель четвертого роду (ідеальний контакт тіл). У той же час інтенсивне випаровування відбувається і з контактної поверхні (за даними Andersen (2013) [22] приблизно на 40% менше, ніж з відкритою). При цьому немає значення, чи ТЗВ знаходиться на суцільному поду, на перфорованій металевій стрічці, чи на плетеній дротяній стрічці (там же). Відтак найбільш придатними для математичної моделі були б граничні умови п'ятого чи шостого роду (Федорів, 1998 [23]).

Вайк з колегами (1999) [24] досліджували випікання тістечок у промисловій електричній тунельній печі з чотирма тепловими зонами. Дані щодо теплового потоку отримували шляхом вимірювання температури модельного тіла — тонкого алюмінієвого диску і середовища. Розраховували радіаційну складову за законом Стефана-Больцмана і конвективну складову за формулами для вимушеного руху при $Re > 40$, що наведена в [21], і для вільної конвекції згідно з виразом: $Nu = 0,82(GrPr)^{0,2}Pr^{0,034}$. Оскільки диск є тонким тілом ($Bi < 0,02$) ефективний коефіцієнт теплообміну розраховували за формулою: $h_f = mC_p \Delta T [A(T_a - T_s) \Delta t]$, де m — маса, C_p — масова теплоємність диска, ΔT — зміна температури диска за проміжок часу Δt , A — площа диска, T_a , T_s — відповідно, температури середовища і диска. У діапазоні температур 186—225°C радіаційний потік складав 75—80% від сумарного теплового потоку.

Проведений огляд літератури демонструє переважне значення радіаційної складової в радіаційно-конвективному теплообміні, що є характерним для більшості сучасних печей. Інфрачервоне випромінювання чинить позитивний вплив на ТЗВ, зокрема призводить до зменшення втрати маси і збільшення об'єму виробів (Skjöldebrand з колегами, 1988 [26]). До переваг радіаційного теплообміну Dessev з колегами (2011) [27] відносять миттєвий дистанційний вплив на продукт, високу енергетичну інтенсивність, більшу простоту організації порівняно з конвективним способом, відносну легкість управління тепловим потоком; готова продукція під впливом ІЧ випромінювання має покращені показники: більший питомий об'єм, тоншу скоринку і краще розвинену пористу структуру м'якуша при зменшенні втрат від упікання.

Короткохвильове ІЧ випромінювання, як вважається, дає змогу передати більшу питому потужність, оскільки проникає глибше, ніж довгохвильове. Водночас перевищення інтенсивності короткохвильового ІЧ опромінення понад певне значення може призвести до зменшення питомого об'єму виробів, провокує надмірну втрату маси, збільшує загальну різницю в кольоровому забарвленні скоринки і погіршує зовнішній вид виробу (Dessev з колегами, 2011) [26]. До того ж ступінь відбивання коротших хвиль більший, ніж у довгих, насамперед у випадку білої поверхні (там же). Skjöldebrand з колегами (1988) [25] визначили, що при занадто високому рівні ІЧ випромінювання в короткохвильовому діапазоні можлива поява білих плям на поверхні ТЗВ відповідно до місць, де не відбулася клейстеризація крохмалю, а також нерівномірні шпаруватість і поява великих пор у м'якущі.

Новим кроком у технології хлібопечення можна вважати впровадження на початку XXI ст. STIR-технології (Selected Transformed Infrared Radiation), яка полягає у застосуванні як випромінювача ІЧ хвиль спеціального керамічного покриття, що наноситься на верхню теплообмінну стінку пекарної камери. Експериментальне дослідження STIR-технології було виконано Брязуном з колегами (2009) [27]. Згідно з гіпотезою STIR-технологія створює подвійний ефект: за рахунок вищого ступеня чорноти керамічного покриття активізується радіаційний теплообмін у пекарній камері; енергія селективно трансформованого ІЧ випромінювання у ближньому та середньому діапазоні інтенсивно поглинається молекулами води, що знаходяться в поверхневому шарі ТЗВ. За рахунок цього молекули активізуються, що призводить до збільшення ефективного коефіцієнта теплопровідності тіста-хліба. В досліді скоротилася тривалість випікання (момент переходу тіста у м'якуш настав на 2 хв раніше, порівняно з еталонним зразком), проте скоринка стала вдвічі товщою і більш насиченого забарвлення. Майже однакові результати щодо якісних показників (формуотримувальна здатність, питомий об'єм, товщина і забарвлення верхньої скоринки) досягнуті при скороченні тривалості випікання з 23 до 20 хв. Величина упікання зменшилася на 1,4%, також відбулося зменшення питомої витрати теплоти на випікання до 1% (на 40—45 кДж/кг).

Головною перевагою конвективного теплообміну є отримання рівномірного забарвлення скоринки по всій поверхні виробів. Враховуючи велику різноманітність конструкцій печей і режимів випікання виробів, а також різницю в мето-

дах обчислення коефіцієнта конвективного теплообміну літературні дані щодо його значень варіюють у широкому діапазоні. Ваік з колегами (1999) [24] звертають увагу на критичну залежність значень коефіцієнта теплообміну від коректності фіксації різниці температур між поверхнею ТЗВ і середовищем. Дослідники визначили, що в умовах природної конвекції товщина температурного межового шару над плоскою поверхнею ТЗВ становить близько 50 мм, що слід враховувати при використанні показів датчиків температури. Максимальні значення коефіцієнта конвективного теплообміну становлять: 3,55 Вт м⁻² К⁻¹ (Михелєв, Іцкович, 1968), 5,3 Вт м⁻² К⁻¹ (І. Маклюков, В. Маклюков, 1983), 5,42 Вт м⁻² К⁻¹ (Володарський з колегами, 1986). В англомовних джерелах застосовують моделі Rohsenow з колегами (1998) [28], що для умов випікання хлібобулочних виробів у промисловій печі дає розрахункове значення близько 10 Вт м⁻² К⁻¹ (Zhang, Datta (2006) [29], Šheruga з колегами (2007) [30], Sakin з колегами (2007) [31].

У більшості обчислень використовують приведений коефіцієнт теплообміну, що враховує як конвективну, так і радіаційну складові (Sani з колегами, 2014 [32]). При швидкості повітря в пекарній камері у межах 1,5—2,5 м/с Monteau, (2008) [33] вказує на 14 Вт м⁻² К⁻¹. За умов природної конвекції Sakin з колегами (2007) [31] при випіканні бісквіту і тістечок наводить значення 16—21 Вт м⁻² К⁻¹, Sato з колегами (1987) [34] — значення 21 Вт м⁻² К⁻¹ при швидкості повітря до 2 м/с, Shibukawa з колегами (1989) [35] зазначають 29 Вт м⁻² К⁻¹. Ваік з колегами (1999) [24] отримали значення в межах 20—48 Вт м⁻² К⁻¹, а для розрахунку приведенного коефіцієнта теплообміну h_t у діапазоні температур $t=186—225^{\circ}\text{C}$ при відносній швидкості повітря $v=0,02—0,437$ м/с пропонується формула: $h_t=0,0887t+61,4v$, Вт м⁻² К⁻¹.

Останнім часом набули популярності печі, що в англомовному середовищі відомі під назвою «jet impingement ovens». З урахуванням фізичної сутності їх можна назвати печами ударно-струменевої дії. В них реалізується теплообмін за примусової конвекції (понад 90% переданого тепла): теплоносієм є гаряче повітря або димові гази, що спрямовуються на ТЗВ через круглі або щілинні сопла, розташовані над ними. Ударно-струменеві печі часто використовують при виробленні нарізаного запакованого формового хліба для сандвічів, який випікають у закритих формах. Турбулентне середовище дає змогу отримувати вироби з практично однаковим забарвленням скоринки з усіх боків і скоротити тривалість процесу. Відповідно до даних Paton (2013) [36] ці печі можуть забезпечити збільшення коефіцієнта теплообміну від традиційних 10 Вт м⁻² К⁻¹ до 35 Вт м⁻² К⁻¹, що за рахунок зменшення температури теплоносія може економити до 5% приведеної, з урахуванням різних її видів, енергії.

2.3. Теплові потоки у пекарній камері. Для радіаційно-конвективного режиму, за якого переважно випікають хлібобулочні вироби, температура середовища не є параметром, що повно характеризує інтенсивність теплообміну. Попри наявність сильного позитивного кореляційного зв'язку між температурою поверхні ТЗВ і тепловим потоком (Dessev з колегами, 2011) [26], саме тепловий потік виглядає більш зручним інструментом для інтегральної оцінки умов теплообміну в пекарній камері, а отже, і більш придатним для цілей моделювання тепло-

масообмінних процесів (Шубенко, 1980 [37]), Теличкун з колегами, 1989 [38], (Carvalho i Nogueira, 1997 [18]), (Van Son M., 2001 [39]), (Sakin з колегами, 2009 [31]).

Therdthai i Zhou, (2003) [40] висловлюють думку щодо більшої плідності розгляду теплообміну при граничних умовах другого, а не третього роду. Розподіл теплового потоку уздовж пекарної камери водночас є зручним засобом для виконання діагностики печі (Федоров, 1974) [41]. Крім того, існує міцна кореляція між величиною теплового потоку і величиною упікання, кольором скоринки (Fahloul з колегами (1995) [21]), глянцем поверхні (Теличкун з колегами, 1989 [7]), що дає можливість оцінювати як кількісні, так і якісні показники процесу.

При аналізі процесу випікання розрізняють складові сумарної густини теплового потоку: кондуктивна, конвективна, радіаційна та масообмінна. З іншого боку, при математичному описі прогрівання ТЗВ зручно розглядати тепловий потік як суму потоків, що відповідають елементарним процесам, мають різну природу і рушійні сили. Тому на практиці часто оперують такими визначеннями, як підведений до поверхні ТЗВ тепловий потік (він же сумарний) Σq , відбитий від поверхні q_b , сприйнятий (пропущений) $q_{сп}$, і поглинутий $q_{пр}$. Між ними існують такі взаємозв'язки: $\Sigma q = q_b + q_{сп}$; $q_b = (1 - \epsilon)\Sigma q$ (ϵ — ступінь чорноти поверхні), $q_{сп} = q_{пр} + q_{мо} + q_{фх}$, де $q_{пр} \sim c\Delta t$ ($c\Delta t$ — зміна ентальпії тіста-хліба); $q_{мо}$ — масообмінна складова теплового потоку, яка може змінювати знак залежно від напрямку вектора масопереносу; $q_{фх}$ — частка теплового потоку, що витрачається на покриття фізико-хімічних процесів у тісті-хлібі.

Childs з колегами (1999) [42] виділяють чотири методи визначення величини теплового потоку: перепаду температур, калориметричний, балансовий (підведення/відведення енергії) та масообмінної аналогії. Найбільш придатним для вивчення процесу випікання є перший з названих. Він набув розвитку значною мірою завдяки працям О. Геращенка та В. Федорова у галузі теплофізики і метрології, у яких закладено наукові основи і розроблено цілий клас шаруватих мікродатчиків-тепломірів. У діапазоні температур 30—160°C похибка вимірювання теплового потоку датчиком не перевищує 3%, а при вимірюванні окремих складових теплового потоку — 10%.

За результатами досліджень процесу випікання тістечок в електropечі Baik з колегами (1999) [24] побудовані криві теплового потоку для двох режимів випікання двох різних виробів. Для першого режиму (тривалість випікання 8 хв 36 с) тепловий потік має максимум 6300 Вт/м² при $\theta=0,16$, швидке зниження до 2500 Вт/м² при $\theta=0,36$, далі повільне плавне зниження до 1503 Вт/м² у кінці процесу. Для другого режиму (6 хв 27 с) має місце максимум 7550 Вт/м² при тій же відносній тривалості, потім майже лінійне зниження до 1570 Вт/м² при $\theta=0,64$ і плавне підвищення до 1950 Вт/м² в кінці випікання.

Доломакін з колегами (2012) [43] встановлювали тепломіри (шаруваті мікродатчики) на верхню поверхню ТЗВ при дослідженні випікання булочки дніпровської масою 60 г у конвективній печі з рециркуляцією пароповітряного середовища при температурі 200°C і швидкості 5 м/с. Отримані залежності теплового потоку для першого періоду випікання у вигляді $q=2480 t^{0,1}$, Вт/м², для

другого $q=30200 t^{-0,45}$, Вт/м². Пік кривої теплового потоку (3800 Вт/м²) спостерігався при $\theta=0,125$. За час випікання $t=600$ с значення середнього теплового потоку склало 2423 Вт/м².

Лісовенком [1] при обґрунтуванні раціонального режиму випікання подового пшеничного хліба шаруваті мікродатчики теплового потоку встановлювались між подом і нижньою поверхнею ТЗВ та на відкритій поверхні. Для нижньої поверхні, що у момент посадки тістової заготовки мала температуру 200°C, зафіксований найбільший за весь час випікання тепловий потік порядку 10000 Вт/м². Далі за рахунок вирівнювання температурного поля ТЗВ поблизу контактної поверхні крива теплового потоку різко прямує донизу. У діапазоні значень $\theta=0,125—0,175$ датчик фіксує майже постійний тепловий потік порядку 5300...5200 Вт/м². З поступовим перетворенням тіста у скоринку, що супроводжується зменшенням теплопровідності, тепловий потік зменшується до кінця випікання до значення 2000 Вт/м².

Теплообмін на відкритій поверхні ТЗВ є значно складнішим. На початку процесу вільна поверхня ТЗВ є вологою, причому до $\theta=0,15$ на ній відбувається конденсація пари з виділенням теплоти фазового переходу, внаслідок чого стрімко зростає її температура. Приблизно через 1,5 хв після посадки у піч ($\theta=0,047$) фіксується максимум теплового потоку 9600 Вт/м². Далі до моменту $\theta=0,18$ крива густини теплового потоку різко знижується до позначки 3250 Вт/м², після чого іде вгору. При $\theta=0,32$ тепловий потік досягає локального максимуму близько 4950 Вт/м². Далі крива плавно знижується до значення 1200 Вт/м² у кінці процесу. Зауважимо, що значення другого максимуму відповідає діапазону 4600—5200 Вт м⁻² К⁻¹, визначеному Теличкуном з колегами, (1989) [7], як необхідна умова для досягнення найбільшого глянцю верхньої поверхні. Цей факт є одним із підтверджень обґрунтованості раціонального режиму випікання за Лісовенком.

Перебуванням відповідної поверхні шаруватого датчика у зоні кипіння води, а не конденсації, як помилково вважають Ковальов з колегами (1999) [44], можливо пояснити і зафіксований ними феномен коливання кривих теплового потоку в проміжку часу $\theta=0,2—0,5$ усередині ТЗВ на глибині 0,5; 1,0 і 3,0 мм, що мав місце за таких значень температури відповідного шару: 85—90°C — пік, 105—110°C — западина і близько 120°C — другий пік.

Подібне коливання теплового потоку з боку нижньої поверхні і менш виражене — зі сторони бокових поверхонь спостерігали Бондаренко з колегами (1977) [20] при випіканні бісквіту при радіаційно-конвективному режимі і постійній температурі 165—170°C. Тепловий потік знизу після максимального значення порядку 3000 Вт/м² на початку процесу стрімко падає до 1950 Вт/м² у момент $\theta=0,15$. У проміжку часу $\theta=0,15—0,19$ темп прогрівання нижньої і верхньої граней шаруватого датчика стає однаковим, про що свідчить горизонтальна ділянка кривої, за рахунок витрати теплоти на ендотермічні процеси. Після їх завершення спад кривої продовжується до $\theta=0,42$, коли має місце локальний мінімум 1400 Вт/м². У цей час шар тіста над датчиком прогрівається понад 80°C, у результаті чого інтенсифікується внутрішній масоперенос термовологопровідністю, що спричиняє зростання теплового потоку до 1700 Вт/м² (локальний

максимум). З моменту $\theta=0,54$ утворюється скоринка і тепловий потік надалі знижується. Крива сумарного теплового потоку через верхню поверхню бісквіту плавно знижується протягом випікання від початкового значення близько 2000 Вт/м^2 .

Фіксуючи існуюче різноманіття температурних режимів, чисельних значень і кінетики теплових потоків у різних авторів, заслуговує на увагу думка Pieterl, Newborough (2003), [45] щодо можливості отримання якісного продукту при множинності варіантів кінетики теплового потоку. Для кожного моменту процесу існують допустимі максимальний і мінімальний рівні теплового потоку певного виду (радіаційного, конвективного, кондуктивного, масообмінного); вихід за ці межі не дасть змоги отримати продукцію прийнятної якості.

Висновки

1. Серед розглянутих праць лише невелика частина присвячена вивченню поєднаного тепломасообміну, в той час як у більшості випадків предметом досліджень є умови тільки зовнішнього обміну.

2. Існує певний консенсус щодо бажаного режиму випікання масивних виробів, при якому більше теплоти має надходити з боку нижньої поверхні, насамперед у першому періоді. При цьому співвідношення між тепловими потоками за напрямками «верх/низ», а також між радіаційною, конвективною і кондуктивною складовими можуть коливатися у широких межах, так само, як співвідношення між статтями витрат підведеної теплоти.

3. У літературі наявні дані щодо кінетики теплового потоку при випіканні широкого асортименту виробів. У ряді однотипних випадків дані чисельно відрізняються на 100% і більше. Найбільшої довіри, на нашу думку, заслуговують експериментальні результати із застосуванням мініатюрних шаруватих датчиків, встановлених безпосередньо на поверхні ТЗВ. З певними застереженнями ці дані можуть бути покладені в основу розрахункових моделей процесу випікання.

4. Аналіз інтерпретацій авторами особливих точок на графіках густини теплового потоку вказує на недостатню опрацьованість питання щодо сутності теплофізичних процесів у тісті-хлібі та метрологічних особливостей вимірювальних засобів. Це питання має стати предметом подальшого поглибленого дослідження.

Література

1. Дудко С. Д. Досягнення і проблеми у вивченні процесу випікання масивних борошнених виробів: огляд літератури. Частина 1: внутрішній тепломасообмін у тісті-хлібі. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. Т. 25, № 3. С. 174—186.

2. Лисовенко А. Т. Процесс выпечки и тепловые режимы в современных хлебопекарных печах. М.: Пищевая пром-сть, 1976. 214 с.

3. Аношина О., Ковалева И. Влияние продолжительности выпечки на качество ржаноспещеничного хлеба. *Хлебопродукты*. 2009. № 5. С. 52—53.

4. Therdtthai N., Zhou W., Adamczak T. Optimisation of the temperature profile in bread baking. *J. food engineering*. 2002. Vol. 55. Issue 1. P. 41—48.

5. Ovadia D. Z., Walker C. E. Impingement in Food Processing. *Food Technology*. 1998. 52(4). P. 46—50.

6. Дорохович А. Н., Дорохович В. В., Теличкун В. И., Ташева С., Вълчев Г. Обоснование режима выпечки мучных кондитерских изделий. *Хранителна наука, техника и технологии 2012: научни трудове на УХТ*. 2012. Т. 59. С. 785—790.
7. Теличкун В. И., Емельяненко Л. С., Дудко С. Д., Бережницкая Ю. С. Влияние параметров среды рабочей камеры на глянец хлебной корки. *Хлебопродукты*. 1989. № 12. С. 24—26.
8. Михелев А. А., Ицкович Н. М. Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производства: учебник для техн. спец. вузов пищевой пром-сти. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Пищевая пром-сть. 1968. 487 с.
9. Володарский А. В., Михелев А. А., Сигал М. Н. Современные тоннельные печи в хлебопекарной промышленности. М.: Пищевая пром-сть. 1976. 135 с.
10. Германчук А., Теличкун В., Теличкун Ю., Десик М. Исследование тепломасообменных процессов в камере гиротермической обработки тестовых заготовок. *Научни трудове на русенския университет*. 2012. Том 51, серия 9.2. С. 44—48.
11. Маклюков И. И., Маклюков В. И. Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства. М.: Легкая и пищевая пром-сть. 1983. 271 с.
12. Германчук А. И., Теличкун Ю. С., Теличкун В. И. Вплив параметрів середовища на теплоперенесення при випіканні пшеничного хліба. Тези міжнарод. наук. конф. «Нові ідеї в харчовій науці — нові продукти харчовій промисловості» 13—17 жовтня 2014 р. Київ, НУХТ. 2014. С. 400.
13. Германчук А., Десик Н., Хоменко О., Левицкий В., Теличкун В., Теличкун Ю. Влияние относительной влажности на процесс гиротермической обработки тестовых заготовок. *Научни трудове на русенски университет «Ангел Кънчев»*. Разград. 2013. Т. 52. С. 143—147.
14. Германчук А., Хоменко О., Левицкий В., Теличкун В. Вплив відносної вологості середовища пекарної камери на перебіг процесу гиротермічної обробки тістових заготовок. В кн. Наукові здобутки молоді — вирішено проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 міжнарод. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 10—11 квітня 2014 р. Київ, НУХТ. 2014. Ч. 2. С. 48—50.
15. Кулешов О. Ю., Седелкин В. М. Анализ характеристик сложного теплообмена в промышленных хлебопекарных печах в зависимости от конструктивных и режимных параметров. *Вестник Саратовского государственного технического университета*. 2011. № 4 (60). Вып. 2. С. 161—165.
16. Володарский А. В., Сигал М. Н., Ничиков И. М. Промышленные печи пищевых производств. К.: Техніка. 1986. 136 с.
17. Krist-Spit C. E., Sluimer P. Heat transfer in ovens during the baking of bread. In: *Cereals in a European Context, 1st European Conference on Food Sci. & Tech.* Morton, I. D. (Ed.), 1987. P. 346—354.
18. Carvalho M. G., Nogueira M. Improvement of Energy Efficiency in Glass-Melting Furnaces, Cement Kilns and Baking Ovens. *Applied Thermal Engineering*. 1997. 17(8—10). P. 921—933.
19. Standing C. Individual heat transfer modes in band oven biscuit baking. *J. Food Sci.*, 1974. 39. P. 267—271.
20. Бондаренко Е. Г., Дорохович А. Н., Декуша Л. В., Федоров В. Г., Михелев А. А. Кинетика теплопритоков при выпечке бисквитного полуфабриката. *Пищевая технология*. 1977. № 3. С. 81—84.
21. Fahloul D., Trystram G., McFarlane I., Duquenoy A. Measurements and Predictive Modelling of Heat Fluxes in Continuous Baking Ovens. *J. Food Engineering*. 1995. 26. P. 469—479.
22. Stenby Andresen M., Løje H., Adler-Nissen J. Experimentally supported mathematical modeling of continuous baking processes. PhD Thesis. Kgs. Lyngby: Technical University of Denmark (DTU). 2013. P. 200.
23. Федорів В. Г. Тепломасообмін: конспект лекцій. К.: УДУХТ. 1998. 84 с.
24. Baik O. D., Grabowski S., Trigui M., Marcotte M., Castaigne F. Heat transfer coefficients on cakes in a tunnel type industrial oven. / *J. Food Sci.* 1999. Vol. 64, No. 4. P. 688—694.
25. Skjöldebrand C., Ellbjär C., Anderson C. G., Eriksson T. Optical properties of bread in the near infrared range. *J. Food Engineering*. 1988. 8. P. 129—139.

26. Dessev T., Jury V., Le-Bail A. The effect of moisture content on short infrared absorptivity of bread dough. *J. Food Engineering*. 2011. 104. P. 571—576.
27. Брязун В. А., Аднодворцев М. Ф., Йон П. Эффективность применения STIR-технологии для выпечки пшеничных хлебобулочных изделий. *Хлебопечение России*. 2009. № 2. С. 22—25.
28. Handbook of heat transfer / editors, W. M. Rohsenow, J. P. Hartnett, Y. I. Cho. 3rd ed. 1998. 1484 p.
29. Zhang J., Datta A. K. Mathematical Modeling of Bread Baking Process. *J. Food Engineering*. 2006. 75(1), P. 78—89.
30. Šeruga B., Budžaki S., Ugarčić-Hardi Ž. Individual Heat Transfer Modes During Baking of “Mlinci” Dough. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2007. 72(3). P. 257—263.
31. Sakin M., Kaymak-Ertekin F., Ilicali C. Convection and radiation combined surface heat transfer coefficient in baking ovens. *J. Food Engineering*. 2009. 94. P. 344—349.
32. Sani N., Taip S., Kamal S. M. M., Ab. Aziz, N. Effects of temperature and airflow on volume development during baking and its influence on quality of cake. *J. Engineering Science and Technology*. 2014. Vol. 9, No. 3. P. 303—313.
33. Monteau J. Y. Estimation of Thermal Conductivity of Sandwich Bread Using an Inverse Method. *J. Food Engineering*. 2008. 85(1), P. 132—140.
34. Sato H., Matsumura T., Shibukawa S. Apparent Heat Transfer in a Forced Convection Oven and Properties of Baked Food. *J. Food Science*. 1987. 52(1), P. 185—193.
35. Shibukawa S., Sugiyama K. Yano T. Effects of Heat Transfer by Radiation and Convection on Browning of Cookies at Baking. *J. Food Science*. 1989. 54(3), P. 621—624.
36. Paton J. B. Energy utilisation in commercial bread baking. PhD Thesis. The University of Leeds. School of Mechanical Engineering. 2013. P. 181.
37. Шубенко Б. П. Теплометрическое исследование тоннельных хлебопекарных печей с целью их совершенствования: автореф. дисс. канд. техн. наук. К.: 1980. 24 с.
38. Способ управления тепловым режимом выпечки в хлебопекарной печи. А.с. СССР № 1517885: МКИ А 21 В 1/08. / Теличкун В. И., Ковалев А. В., Дудко С. Д., Пивень Е. Н., Тетеркина О. В.; заявл. 18.02.88; опубл. 30.10.89, Бюл. № 40.
39. Van Son M. Flux future. *Asia-Pacific Baker*, 2001. August. P. 16—22.
40. Therdthai N., Zhou W. Recent Advances in the Studies of Bread Baking Process and Their Impacts on the Bread Baking Technology / *Food Sci. Technol. Res.*, 2003. 9(3). P. 219—226.
41. Федоров В. Г. Теплометрия в пищевой промышленности. М.: Пищевая промышленность. 1974. 174 с.
42. Childs P. R. N., Greenwood J. R., Long C. A. Heat Flux Measurement Techniques. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C. 1999. 213(7), P. 655—677.
43. Доломакин Ю. Ю., Ковалев А. В., Глуздань А. А., Федоров В. М. Теплопоглощение тестовой заготовкой в процессе выпечки в конвективных хлебопекарных печах. *Ukrainian Food Journal*. 2012. № 2. С. 84—87.
44. Ковальов О. В., Теличкун В. І., Олійник Н. В. Теплопоглинання в процесі випікання хліба. *Харчова і переробна пром-ть*. 1999. № 5—6. С. 19.
45. Pierrel F., Newborough, M. Heat flux maps for ovens: baking comfort zones. In Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Conference. Washington, D.C., USA. 2003.

WAYS OF EXTENSION OF ASSORTMENT OF BAKERY PRODUCTS FOR RESTAURANT BUSINESS

T. Sylchuk, K. Sakhnenko, V. Zuiko

National University of Food Technologies

Key words:

Bakery products
Crisp bread
Whole grain flour
Flax
Sesame

Article history:

Received 10.12.2019
Received in revised form
20.12.2019
Accepted 16.01.2020

Corresponding author:

T. Sylchuk
E-mail:
tsnuft@gmail.com

ABSTRACT

The requirements for nutrition of modern consumers are formed by fundamentally new advanced technologies of bread production, which contribute to the expansion of the range of bakery products, particular in restaurants. An alternative to traditional bakery products, that have limited nutritional and biological value, is crisp bread, which includes additional recipe components.

The technology of grain bread was studied using wheat and rye flour. There was determined that these products can be used as a substitute for traditional bakery products, particular in restaurants, as a side dish for soups, main courses and snacks. There was investigated the possibility of improving the technology of bread by replacing rye and wheat flour with whole grain wheat and rye flour. There was also investigated the introduction of components with a rich nutrient composition, namely flax and sesame seeds.

There was investigated the feasibility of using different ways of dough leavening — microbiological and chemical. There was established that for the selected type of bakery products it is optimal to use chemical method of dough leavening.

The recipe composition of newly developed cereals crisp bread was shown. There was established that products with using whole grain wheat and rye flour have higher nutritional and consumer value. There was established that adding sesame seeds to the recipe makes it possible to provide about 30% of daily calcium requirement by consuming 100 g of finished products. There was investigated the influence of prescription components on the energy value of finished products. There was given the main indicators of quality of the developed bread, there was calculated its cost and a comparative evaluation of the products depending on their recipe composition. There was shown possibility of introducing advanced technology in the conditions of restaurant business.

ШЛЯХИ РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ ХЛІБНИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

Т. А. Сильчук, К. О. Сахненко, В. І. Зуйко

Національний університет харчових технологій

Вимоги до сучасного харчування населення формують принципово нові вдосконалені технології хлібних виробів, що сприяють розширенню асортименту хлібобулочних виробів, зокрема в закладах ресторанного господарства. Досліджено технологію зернових хлібців з використанням суміші пшеничного та житнього борошна. Визначено, що ці вироби можуть бути використані як альтернатива традиційним хлібобулочним виробам, зокрема в закладах ресторанного господарства, як самостійний виріб або як гарнір до супів, основних страв і закусок. Удосконалено технологію хлібців шляхом заміни борошна житнього обдирного та пшеничного вищого сорту на цільозернове пшеничне та житнє борошно, а також внесення до складу рецептурних компонентів сировини з великою кількістю вітамінів, мікро- та мікроелементів. Доведено доцільність збагачення хлібних виробів насінням льону та кунжуту як джерела цінних нутрієнтів.

Наведено рецептурний склад нових розроблених зернових хлібців і розраховано хімічний склад та енергетичну цінність готових виробів. Встановлено, що вироби з використанням цільозернового пшеничного та житнього борошна мають вищу харчову й споживчу цінність. Внесення до рецептури хлібців насіння кунжуту дає змогу забезпечити при споживанні 100 г готових виробів близько 30% від добової потреби організму людини в кальції, підвищити вміст у раціоні людини цінних мікро- та макроелементів. Наведено вміст мікро- та макроелементів, вітамінів у розроблених виробах.

Досліджено вплив рецептурних компонентів на енергетичну цінність готових виробів. Наведено основні показники якості розроблених хлібних виробів, розраховано та обґрунтовано їхню собівартість та надано порівняльну оцінку виробів залежно від їхнього рецептурного складу. Показана можливість впровадження удосконаленої технології в умовах закладів ресторанного господарства.

Ключові слова: хлібні вироби, хлібці, цільозернове борошно, льон, кунжут.

Постановка проблеми. Здорове харчування — одна з найважливіших складових здорового способу життя, що, у свою чергу, є запорукою довголіття, краси й успіху в цілому. З їжею людський організм отримує енергію, необхідні організму мікро- та мікроелементи, вітаміни. Хліб і хлібобулочні вироби є традиційними складовими елементами споживчого кошику населення України [1]. Проте сучасна концепція харчування середньовікової категорії споживачів демонструє стабільну динаміку збільшення пріоритетної направленості до альтернативних хлібних виробів. Широкого попиту набули зернові хлібці, які

мають високу харчову цінність за рахунок вмісту у продукті значної кількості харчових волокон, мінеральних речовин (переважно заліза, калію, кальцію, натрію, магнію і фосфору), амінокислот і вітамінів групи В, РР, Е, А тощо [2]. Актуальним завданням сучасного виробництва є забезпечення наявності у складі продуктів щоденного вжитку достатньої кількості харчових волокон або клітковини, яка стимулює роботу шлунково-кишкового тракту, сприяє формуванню та підтриманню нормальної мікрофлори кишківника, розмноженню корисних мікроорганізмів та виведенню токсинів і важких металів. У процесі реалізації поставленого завдання виникає проблема пошуку джерел важливого нутрієнту та вирішення технологічних завдань задля забезпечення високої якості кінцевого продукту.

Мета статті: удосконалення технології хлібобулочних виробів функціонального призначення, зокрема хлібців на основі різних видів борошна, та визначення їх споживчої цінності.

Матеріали і методи. Предметом дослідження були хлібці із суміші пшеничного борошна вищого сорту та житнього обдирного борошна, збагачені насінням льону, кунжуту, хлібці, виготовлені з цільнозернового житнього та пшеничного борошна.

При проведенні досліджень готували такі зразки хлібців:

- хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 60:40, збагачені насінням льону;
- хлібці, виготовлені на дріжджах, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 60:40, збагачені насінням льону;
- хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 50:50, збагачені насінням кунжуту;
- хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 50:50, збагачені насінням льону;
- хлібці, виготовлені на розпушувачі, з цільнозернового пшеничного борошна, збагачені насінням льону;
- хлібці, виготовлені на розпушувачі, з цільнозернового житнього борошна збагачені насінням льону.

Досліджувані зразки готували за традиційною технологією для цього виду хлібної продукції порційними виробами масою 30 г. Така маса випечених виробів рекомендована для закладів ресторанного господарства (ЗРГ) як гарнір до супів, основних страв і закусок.

Для визначення основних показників якості готових виробів застосовували загальноприйняті методики [6].

Результати і обговорення. Хлібці — виважена альтернатива традиційному хлібу. Вони є ідеальним варіантом при дієтичному харчуванні, характеризуються зниженою калорійністю та мають високу споживчу цінність [3].

Сировина для виготовлення продукції є одним з основних факторів, що впливає на споживчі властивості та якість готових виробів [4]. На сьогодні, через зростаючу популярність здорового харчування, багато виробництв надають перевагу саме цільнозерновому борошну. Цільнозернове борошно містить віта-

міни групи В, вітамін Е, кальцій, марганець, залізо, хром. Ці елементи чинять оздоровчий вплив на кровоносну, серцево-судинну, травну системи організму [3].

При виготовленні хлібців замішували тісто за рецептурою (табл. 1), залишали на 10—15 хв при температурі 26—28°C, формували хлібці та випікали 15—20 хв за температури 180°C до готовності. Для зразків, які готували з використанням дріжджів, передбачати бродіння впродовж 20—30 хв, формування та вистоювання.

Борошно житнє цільнозернове містить білки, вуглеводи, жири, мінеральні солі, β-каротин, вітаміни А, В, РР, D. Такий хімічний склад обумовлює позитивний вплив на організм споживача, стимулюючи обмін речовин, що забезпечує покращення загального стану роботи серцево-судинної системи.

Таблиця 1. Технологічна карта на досліджувані зразки хлібців

№ п/п	Найменування сировини	Зразки хлібців					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
1	Борошно житнє обдирне	80	80	100	100	—	—
2	Борошно пшеничне вищого сорту	120	120	100	100	—	—
3	Насіння льону	55	55	—	55	55	55
4	Насіння кунжуту	—	—	55	—	—	—
5	Олія соняшникова рафінована	15	15	15	15	15	15
6	Молоко	65	65	65	65	65	65
7	Розпушувач (гідрокарбонат натрію)	3	—	3	3	3	3
8	Дріжджі пресовані	—	3	—	—	—	—
9	Сіль	3	3	3	3	3	3
10	Борошно пшеничне цільнозернове	—	—	—	—	200	—
11	Борошно житнє цільнозернове	—	—	—	—	—	200

Борошно житнє цільнозернове характеризується не лише високою харчовою та біологічною цінністю, але також має відмінний хімічний склад (табл. 2). Це вирізняє його серед асортименту продукції борошномельного виробництва, представленого на ринку.

Таблиця 2. Хімічний склад досліджуваних зразків хлібців (100 г виробів)

Мікро- та макро-елементи, вітаміни	Зразки хлібців					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Кальцій, мг	76,6	76,8	314	76,7	97,6	94,4
Магній, мг	82	82,5	128,9	83,9	130	108,6
Натрій, мг	14,6	14,6	26,1	14,7	20,2	17
Калій, мг	270,6	275,1	285,4	281,4	365,5	390,7
Фосфор, мг	187,6	190,7	247,8	192	341,7	249,2
Залізо, мг	2	2,1	4,5	2,2	4	3,2
Йод, мкг	0,8	0,8	2,6	1,1	—	2,4
Вітамін РР, мг	0,3	1,2	2,8	1,1	4	1,2
Вітамін В ₁ , мг	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Вітамін В ₂ , мг	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Вітамін В ₆ , мг	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2
Харчові волокна, г	8	8	6,6	8,6	9	14

Отже, визначивши хімічний склад різних зразків розроблених хлібців, можна зробити висновок, що більшість макро- та мікроелементів, вітамінів представлено в хлібцях, виготовлених на цільнозерновому пшеничному та житньому борошні. Це свідчить про більшу споживчу цінність хлібних виробів, виготовлених на цих видах борошна. Внесення до рецептури хлібців насіння кунжуту дає змогу підвищити вміст кальцію в готових виробах до 314 мг/100 г продукту, а вміст вітаміну РР порівняно з іншими зразками хлібців збільшується вдвічі.

Енергетична цінність характеризує ту частку енергії, яка може вивільнитися з харчових продуктів в процесі біологічного окиснення і використовуватися для забезпечення фізіологічних функцій організму [5].

Розраховали вміст білків, жирів, вуглеводів та енергетичну цінність кожного продукту (табл. 3). Вміст основних нутрієнтів та енергетичну цінність 100 г готових виробів наведено на рис. 1.

Таблиця 3. Вміст білків, жирів, вуглеводів та енергетична цінність 100 г сировини або в порції виробів

Сировина	Білки		Жири		Вуглеводи		Енергетична цінність, ккал	
	100 г	На порцію	100 г	На порцію	100 г	На порцію	100 г	На порцію
Борошно житнє обдирне	9,4	7,52	1,8	1,44	59,2	47,36	291	232,8
Борошно пшеничне вищого сорту	11,3	13,56	1,1	1,32	73	87,6	347	416,4
Борошно житнє цільнозернове	9,4	18,8	1,8	3,6	59,2	118,4	291	582
Борошно пшеничне цільнозернове	11,5	23	2,2	4,4	63,7	127,4	320	640
Молоко	3,2	2,08	3,25	2,11	5,2	3,38	54	35,1
Олія соняшникова рафінована	—	—	99,85	64,9	—	—	899	134,85
Насіння льону	18,29	10,05	42,16	23,18	28,88	15,88	534	293,7
Насіння кунжуту	19,4	10,67	48,7	26,7	12,2	6,71	565	310,75
Розпушувач	0,1	0,03	—	—	19,6	0,58	79	2,37
Дріжджі пресовані	13	0,9	8	0,24	3,2	0,09	138	4,14

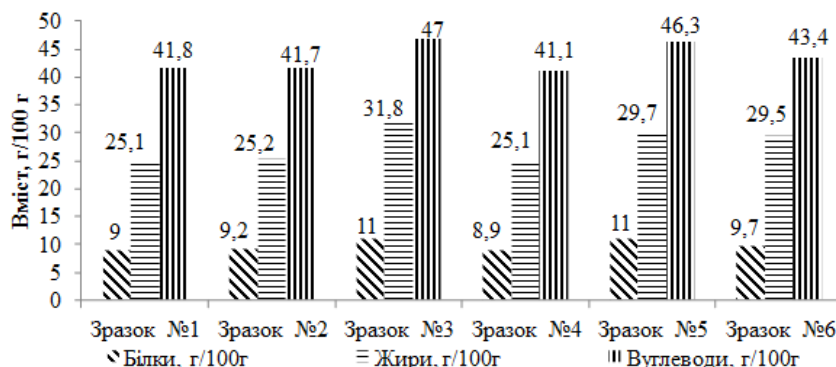


Рис. 1. Вміст білків, жирів, вуглеводів у досліджуваних зразках хлібців

Встановили (рис. 1), що внесення кунжуту (зразок № 3) сприяє збільшенню калорійності готових виробів до 368,8 ккал/100 г продукту. Найменшу енергетичну цінність мають зразки № 1, 2, 4, виготовлені з використанням насіння льону — 301,4 ккал, 301,8 та 298,2 ккал відповідно. Виготовлення хлібців на цільнозерновому пшеничному та житньому борошні забезпечує підвищення енергетичної цінності досліджуваних зразків, відповідно, зразок № 5 — 347,8 ккал та зразок № 6 — 330,5 ккал/100 г продукту.

На основі аналізу бального оцінювання органолептичних показників якості готових виробів робочою дегустаційною комісією побудовано профілограми якості показників і розраховано площу багатокутників якості готових виробів (рис. 2).

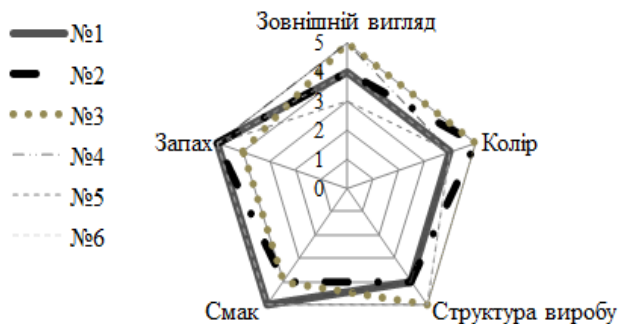


Рис. 2. Профілограма якості органолептичних показників досліджуваних зразків хлібців

Встановлено (рис. 2), що зразки хлібців, виготовлених з використанням розпушувача, мають більшу площу багатокутника якості, яка, у свою чергу, характеризує рівень комплексної оцінки якості органолептичних показників готових виробів. Таке значення показника обумовлено відмінною рівною поверхнею виробів, без тріщин і підривів. Застосування дріжджів призводить до формування нерівностей на поверхні, що обумовлено перебігом процесу бродіння. Внесення кунжуту до рецептури виробів сприяє покращенню смако-ароматичних характеристик досліджуваних зразків хлібців. Також варто зауважити, що модельні зразки виробів з цільнозерновим борошном, виготовлених із застосуванням дріжджів мають кращі органолептичні показники.

Наступним етапом досліджень було проведення аналізу можливості впровадження запропонованої вдосконаленої технології в умовах закладів ресторанного господарства. Враховуючи вартість сировини, необхідну її кількість для виготовлення виробів з урахуванням амортизаційних та експлуатаційних витрат на виробництво, розраховували ціну порцій досліджуваних зразків розроблених хлібців (табл. 4).

Проаналізувавши ринок, вибравши продукцію для виготовлення різних видів хлібців, слід зазначити, що найдорожча собівартість у хлібців на дріжджах з льоном на пшеничному та житньому борошні у співвідношенні 60:40, друге місце посідають хлібці, збагачені льоном, на цільнозерновому пшеничному

борошні, найдешевші — це хлібці з кунжутом, які характеризуються високою споживчою цінністю.

Таблиця 4. Економічні показники розроблених хлібців

№ зразка	Найменування групи хлібців	Вартість, грн
1	Хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 60:40, збагачені насінням льону	15,89
2	Хлібці, виготовлені на дріжджах, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 60:40, збагачені насінням льону	17,27
3	Хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 50:50, збагачені кунжутом	11,60
4	Хлібці, виготовлені на розпушувачі, із суміші пшеничного та житнього борошна у співвідношенні 50:50, збагачені насінням льону	15,94
5	Хлібці, виготовлені на розпушувачі, із цільнозернового пшеничного борошна, збагачені насінням льону	17,10
6	Хлібці, виготовлені на розпушувачі, з цільнозернового житнього борошна, збагачені насінням льону	16,49

Висновки

У результаті проведених досліджень доведено доцільність використання цільнозернового пшеничного та житнього борошна в технології хлібних виробів і збагачення виробів насінням льону та кунжуту. Розроблено технології хлібо-булочних виробів функціонального призначення, зокрема декількох видів хлібців на основі різних видів борошна, насіння льону та кунжуту, визначено їхню високу споживчу цінність.

Література

1. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія / Дробот В. І. та ін.; Кондор-Видавництво. Київ, 2016. 242 с.
2. Дьяченко Д. В. Функциональные продукты питания — пища будущего. *Хлебопекарское и кондитерское дело*. 2005. № 1. С. 28—29.
3. Побігій Т. В. Харчові волокна і якість готової продукції. *Харчова промисловість*. 2003. № 3. С. 27—30.
4. Євлаш В. В., Потапова В. О., Савицька Н. Л. Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технологій, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу. Х.: ХДУХТ, 2015. 580 с.
5. Шмалько Н. А. Применение структурного анализа для формализации технологического процесса производства хлебобулочных изделий. *Хлебопекарська і кондитерська промисловість України*. 2012. № 9. С. 41—43.
6. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва: навч. посіб. за ред. Дробот В. І. К.: Центр навч. літератури, 2006. 341 с.

THE RESEARCH OF CHANGES IN VEGETABLE RAW MATERIALS DURING THE FERMENTATION PROCESS

S. Matko, L. Melnyk, N. Tkachuk, L. Zotkina

National University of Food Technologies

Key words:

Fermentation
Vegetable raw materials
Lactic acid fermentation
Lactic acid

Article history:

Received 19.12.2019
Received in revised form
10.01.2020
Accepted 27.01.2020

Corresponding author:

S. Matko
E-mail:
plqaz@ukr.net

ABSTRACT

The fermentation process of table beet, carrot, pumpkin, bitter pepper was investigated. The organoleptic parameters of the fermented product at the fermentation temperature of $20 \pm 2^\circ\text{C}$, of the process to the moment of accumulation of 0.7—0.8% acidity (on lactic acid) and the subsequent vegetables keeping at a temperature of $1\text{—}3^\circ\text{C}$ to accumulation of 1.2—1.4% lactic acid were determined.

The appearance of 0.2% lactic acid (LA) during the table beet fermentation was observed on the third day only, there is accumulation of 0.4% and 0.6% of LA on the 4th and 5th day, respectively, and of 1.2% on the 7th day. A similar tendency is characteristic for carrot fermentation, however, the appearance of LA was noted on the 2nd day, and we reached 0.3% on the 3rd day. The fermentation of the pumpkin was somewhat faster, on the 6th day the accumulation of 1.2% of lactic acid was reached.

The fermentation of pepper was the longest, the content of 1.2% of LA was reached only on 8th day, probably due to the volatile raw materials that could inhibit the activity of lactic acid bacteria. It is shown that the maximum lactic acid accumulation during table beet, carrot, pumpkin, hot pepper fermentation occurred in 6—8 days.

The experimental variants acquired the necessary taste properties after 7—8 days, then their organoleptic and physicochemical parameters were determined: soluble solids, vitamin C and β -carotene content. The organoleptic characteristics of the studied vegetables in the fermentation process do not deteriorate: the fermented products retain elastic properties, crispy consistency, except for the pumpkin and pepper, which is explained by the structure of the raw material, and pleasant typical taste and aroma. Some turbidity of the pouring was observed, probably due to the accumulation of the products of lactic acid bacteria activity. The content of ascorbic acid in the studied vegetables before and after fermentation is practically unchanged, which indicates the high biological value of the fermented products.

It has been determined that lactic acid fermentation is an energy-saving, cost-effective, environmentally friendly type of canning. Lactic acid gives a specific sweet taste to the products, protects them from damage, and lactic acid bacteria *Lactobacillus acidophilus*, after consuming these products, increase the amount of beneficial microflora in the human intestine.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-23

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН В ОВОЧЕВІЙ СИРОВИНІ В ПРОЦЕСІ ФЕРМЕНТУВАННЯ

С. В. Матко, Л. М. Мельник, Н. А. Ткачук, Л. В. Зоткіна
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено процес ферментування буряка столового, моркви, гарбуза, перцю гіркокого стручкового. Визначено органолептичні показники ферментованого продукту при температурі ферментації $20 \pm 2^\circ\text{C}$, перебігу процесу до моменту накопичення кислотності розсолу на рівні 0,7—0,8% (у перерахунку на молочну кислоту) та подальшому витримуванні готових овочів за температури $1-3^\circ\text{C}$ до накопичення молочної кислоти на рівні 1,2—1,4%.

Появу 0,2% молочної кислоти (МК) при ферментуванні буряка столового зафіксовано лише на 3-й день, на 4-й та 5-й день відбувається накопичення відразу 0,4% та 0,6% МК відповідно, а на 7-й день — 1,2%. Схожа тенденція властива ферментуванню моркви, проте появу МК відмічено вже на 2-й день, а на 3-й день її кількість досягає 0,3%. Ферментування гарбуза проходить децю швидше, на 6-й день було досягнуто 1,2% МК.

Найдовше зброджувався перець гострий, вміст МК 1,2% досягнуто лише на 8-й день, імовірно, за рахунок фітонцидів сировини, що могли пригнічувати діяльність молочно-кислих бактерій. Показано, що максимальне накопичення молочної кислоти при квашенні буряка столового, моркви, гарбуза, перцю гострого відбувається за 6—8 днів.

Дослідні зразки набули необхідних смакових властивостей через 7—8 діб, що було встановлено у результаті визначення їхніх органолептичних і фізико-хімічних показників: вміст розчинних сухих речовин, вітаміну С і β -каротину. Органолептичні показники досліджуваних овочів у процесі ферментування не погіршуються: квашена продукція зберігає пружну, хрустку консистенцію та приємні типові смак і аромат, за винятком гарбуза та перцю, що пояснюється структурою вихідної сировини. Відзначено незначне помутніння заливи, ймовірно за рахунок накопичення продуктів життєдіяльності молочнокислих бактерій. Вміст аскорбінової кислоти в досліджуваних овочах до і після ферментації практично не змінюється, що свідчить про високу біологічну цінність ферментованих продуктів.

Встановлено, що молочнокисле бродіння є енергоощадним, економічно вигідним, екологічно безпечним різновидом консервування. Молочна кислота надає продукції специфічного приємного присмаку, захищає її від псування, а молочнокислі бактерії *Lactobacillus acidophilus*, після її споживання, збільшують кількість корисної мікрофлори у кишківнику людини.

Ключові слова: ферментування, овочева сировина, молочно-кисле бродіння, молочна кислота.

Постановка проблеми. Квашення, соління і мочіння — це різновид одного й того ж способу мікробіологічного консервування, зокрема ферментування. Квашення, в основному, відноситься до капусти, солять огірки та

помідори, а мочать — яблука. Квашені овочі відрізняються більшим вмістом молочної кислоти (до 1,8%) і меншою кількістю солі (до 2%). Мочіння ґрунтується на мікробіологічних процесах, які сприяють накопиченню у продукті натуральних консервантів — молочної кислоти і спирту. Метод мочіння називається так тому, що плоди та ягоди нерідко заливають чистою водою з розрахунку на утворення природного консерванту на основі цукру сировини [1; 2].

При мочінні плодів та ягід мікробіологічні процеси відбуваються у результаті діяльності природної мікрофлори, хоча більш прогресивним є застосування чистої культури молочнокислих бактерій. На поверхні сировини завжди є велика кількість різних мікроорганізмів, тому при мочінні можуть розвиватися різні процеси — молочнокисле, спиртове, оцтовокисле, маслянокисле, гнильне бродіння, а також і пліснявіння. Бажаним є молочнокисле і спиртове бродіння. Решта мікробіологічних процесів тільки погіршує якість продукції [2—5].

Квашення — вид перероблення овочів, простий і ефективний спосіб збільшити термін зберігання певних продуктів завдяки молочнокислому бродінню, під час якого утворюється молочна кислота — консервант овочевої продукції.

Для регулювання якісних показників готового продукту, зменшення кількості відходів доцільно дослідити процеси, які проходять у рослинній сировині при молочнокислому бродінні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальні факти про ферментування подано у підручниках з технічної мікробіології й технології перероблення плодовоовочевої сировини. Розвиток мікробіологічних процесів і перевага одного над іншим залежать від того, наскільки обнасінена сировина різними видами мікроорганізмів; від температури бродіння і зберігання продукції, концентрації солі, кислот і цукрів, доступу повітря.

Молочнокисле бродіння викликають молочнокислі бактерії різних видів, всі вони розвиваються без доступу кисню повітря, тобто є анаеробними. Отже, ізолюючи продукцію від доступу повітря, можна уникнути небажаних процесів, які розвиваються за наявності кисню (оцтовокисле бродіння, гниття, пліснявіння) [2—5].

Молочнокисле бродіння виникає в результаті перетворення цукрів. Завдяки бродінню глюкози чи фруктози і під впливом внесеної солі відбуваються зміни хімічного складу овочів і їхніх фізичних властивостей. Замість збродженого цукру в овочах з'являються молочна кислота, спирт та інші продукти. Зменшується вміст азотистих речовин, частина яких витрачається на розвиток мікрофлори. Колоїди овочів під впливом кислот набухають, що викликає зміну структури плодової м'якоті та її консистенції. Крім молочної кислоти, можливе утворення незначної кількості піровиноградної, лимонної кислот та інших речовин, які не погіршують якість продукції та створюють своєрідний приємний смак й аромат.

Можливе накопичення летких кислот — оцтової, мурашиної, пропіонової, які погіршують якість моченої продукції, і їхня кількість суворо обмежується стандартом [1—3].

Більшість мікроорганізмів добре розвивається у середовищі, близькому до нейтрального (рН=7). Для молочнокислих бактерій кращою реакцією середовища є слабокисла (рН=4,9—6,0). Проте є межа значення рН, нижче якої ці мікроорганізми не розвиваються. Такою межею є рН: для бактерій гнильних — 4,4—5,0, маслянокислих — 4,5, молочнокислих — 3,0—4,4, винних дріжджів — 2,5—3,0, плісень — 1,2—3,0. Для пригнічення розмноження гнильних і маслянокислих бактерій необхідно створити умови для швидкого збільшення кислотності середовища за рахунок інтенсивного розвитку молочнокислого бродіння.

Небажаних процесів при молочнокислому бродінні можна уникнути старанним миттям сировини і підтриманням температури не вище 22°C; від пліснявіння й оцтовокислого бродіння — ізоляцією продуктів від доступу повітря; від гнильного бродіння — утворенням кислого середовища. Дотримання цих вимог сприяє розвитку тільки молочнокислого і спиртового бродіння та одержанню продукції високої якості [1—5].

Молочнокисле бродіння є енергоощадним, економічно-вигідним, екологічно безпечним способом консервування. Молочна кислота надає продукції специфічного приємного присмаку, захищає її від псування, а молочнокислі бактерії *Lactobacillus acidophilus* збільшують кількість корисної мікрофлори у кишківнику людини.

Ферментація відбувається в три етапи. На першому етапі розмножуються всі мікроорганізми, які є на поверхні плодоовочевої сировини, але через три доби переважають молочнокислі бактерії, при цьому утворюється 0,3...0,4% молочної кислоти. У цей час відбувається інтенсивне виділення соку з клітини, маса овочів зменшується, а кількість розсолу збільшується. На другому етапі ферментування молочнокислі бактерії посилюють утворення молочної кислоти. Розсіл потрапляє в тканину плодів, витісняє повітря, в результаті чого тканина плода стає щільною. Третій етап відбувається за зниженої температури та характеризується зміною органолептичних і фізико-хімічних показників якості продукту. У подальшому бродіння практично зупиняється.

Л. П. Холодний та А. Т. Безусов [6; 7] встановили можливість використання водних екстрактів із відходів і нестандартної сировини консервного виробництва для одержання за допомогою молочнокислих бактерій *Lactobacillus plantarum* штаму АН 11/16 лактоферментованих заливок. Досліджено процес ферментації перестиглих томатів і томатів біологічної стадії стиглості, розроблено технологію одержання соку із ферментованих томатів.

Метою статті є дослідження змін в овочевій сировині в процесі ферментування.

Матеріали і методи. Для досліджень процесу ферментування обрано буряк згідно з ДСТУ 7033:2009 [9], моркву — згідно з ДСТУ 7035:2009 [10], гарбуз — згідно з ДСТУ 3190-95 [11] та перець гіркий стручковий — згідно з ДСТУ 7981:2015[12].

Для дослідження фізико-хімічних показників визначали:

- вміст сухих речовин у сировині — згідно з ДСТУ ISO 751-2004 [13];

- масову частку розчинних сухих речовин — рефрактометричним методом згідно з ДСТУ ISO 2173:2007 [14];
- активну кислотність (рН) — згідно з ДСТУ 1132:2005 [15];
- масову частку титрованих кислот — методом об'ємного титрування згідно з ДСТУ EN 12147-2003[16];
- масову частку золи — згідно з ДСТУ ISO 5520:2007 [17];
- вміст аскорбінової кислоти — йодометричним методом згідно з ДСТУ ISO 6557-2:2014 [18];
- вміст каротину — згідно з ДСТУ ISO 6558-2:2004 [19];
- органолептичну оцінку — згідно з ДСТУ 8449:2015 [20].

Перець гострий мили проточною водою до повного видалення всіх забруднень з одночасним інспектуванням для вилучення некондиційної сировини. Моркву, буряки і гарбуз сортували за якістю, мили, очищали від шкірочки; овочі нарізали на коренерізках соломкою (3—5 мм). Підготовлені інгредієнти заливали 3-відсотковим сольовим розчином в ємностях для ферментації, закривали поліетиленовою плівкою та ставили зверху гніт. Температуру ферментації витримували на рівні $20 \pm 2^\circ\text{C}$ до моменту накопичення кислотності розсолу до 0,7—0,8% (у перерахунку на молочну кислоту) та визначали органолептичні показники ферментованого продукту. Готові овочі зберігали за температури $1\text{—}3^\circ\text{C}$ до накопичення молочної кислоти на рівні 1,2—1,4%. Більш низька температура значно затримує утворення молочнокислих бактерій, а при вищій температурі розвиваються маслянокислі бактерії, які викликають гіркоту і псування продукції.

Викладення основних результатів дослідження. Попередньо підготовлену сировину піддавали органолептичним і фізико-хімічним дослідженням, результати яких подано у табл. 1, 2.

Кінетику утворення молочної кислоти (далі МК) в овочевій сировині за 8 днів подано на рис. 1—4.

Так, для буряка столового (рис.1) поява молочної кислоти у кількості 0,2% спостерігається лише на 3-й день, на 4-й та 5-й день відбувається накопичення відразу 0,4% та 0,6% МК відповідно, а на 7-й день — 1,2%.

Таблиця 1. Органолептична оцінка сировини

Найменування зразка	Показники			
	Зовнішній вигляд	Колір	Смак	Запах
Буряк столовий	Гладенький з горбинками	Темно-червоний, бордовий	Солодкий, властивий буряку	Без сторонніх запахів
Морква	Гладенька, довжиною близько 15—16 см	Оранжевий	Солодкий, терпкий	Властивий моркві
Гарбуз	Шорстка, з невеликими плямами	Яскраво-оранжевий	Солодко-гіркуватий	Властивий гарбузу
Перець гострий	Цілі, свіжі, чисті стручки	Червоний, різних відтінків	Гіркий, пекучий	Виражений, з пряним відтінком

Таблиця 2. Хімічний склад вихідної сировини

Найменування зразка	Вміст сухих речовин, %	Зола мг%	Білок, мг%	Жири, мг%	Вуглеводи, мг%	Аскорб. кислота, мг	β-каротин, мг
Буряк столовий	14,2	0,9	0,5	0,1	11,7	10	0,01
Морква	12,1	1	1,2	0,1	9,1	5	9
Гарбуз	10,3	0,5	0,9	-	5,9	8	1,4
Перець гострий	12,0	0,9	1,9	0,44	7,3	143	53

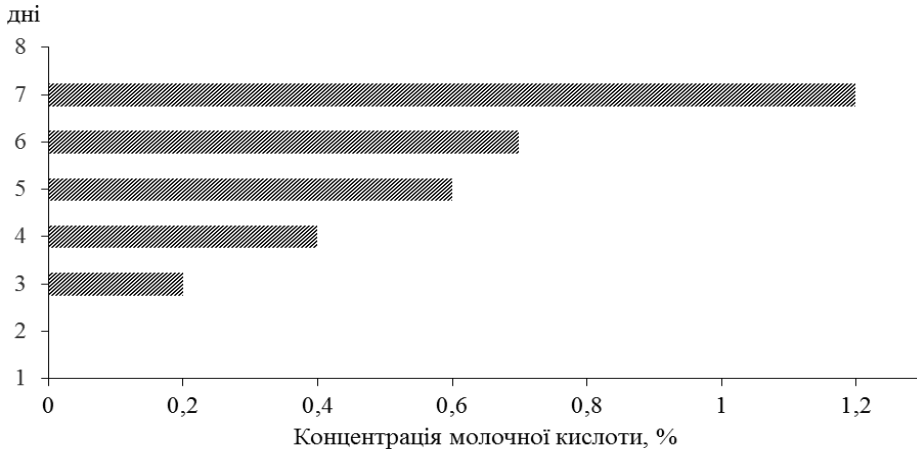


Рис. 1. Динаміка накопичення молочної кислоти в буряку

Схожу тенденцію (рис. 2) спостерігали при ферментуванні моркви, проте появу МК відмічено вже на 2-й день, а на 3-й день її кількість досягає 0,3%.

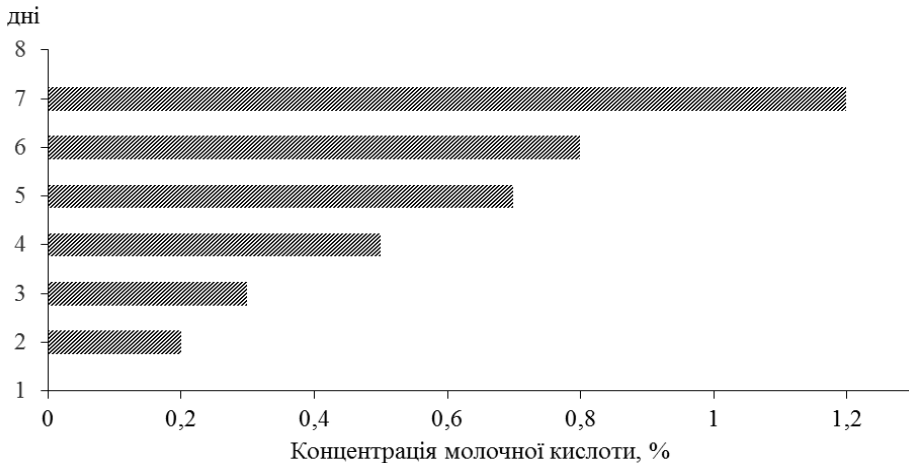


Рис. 2. Динаміка накопичення молочної кислоти в моркві

Ферментування гарбуза (рис. 3) проходить дещо швидше, на 6-й день було досягнуто 1,2% МК.

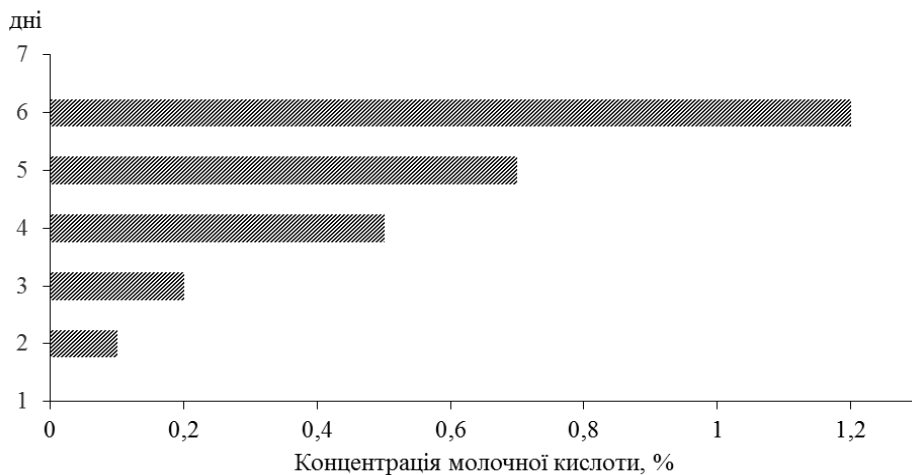


Рис. 3. Динаміка накопичення молочної кислоти в гарбузі

Найдовше зброджувався перець гострий (рис. 4), вміст МК 1,2% досягнуто лише на 8-й день, імовірно, за рахунок фітонцидів сировини, що могли пригнічувати діяльність молочно-кислих бактерій.

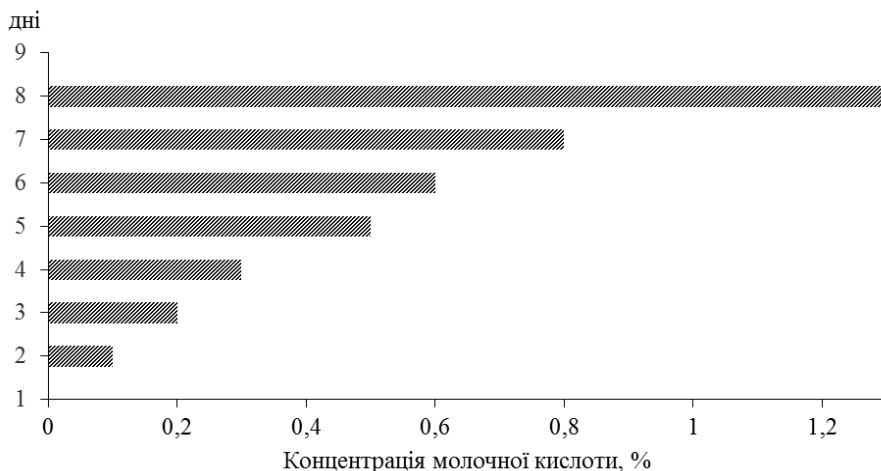


Рис. 4. Динаміка накопичення молочної кислоти в перці гострому

Після закінчення основної активної фази процесу ферментації, за органолептичними показниками (смаком), солені овочі ще не є придатними для споживання. Тому їх закладали на зберігання при температурі 1—3°C для продовження ферментативних процесів і набуття характерних смакових властивостей (дозрівання). Впродовж зберігання за смаковими властивостями визначали готовність продукції до споживання.

Дослідні варіанти набули необхідних смакових властивостей через 7—8 діб і тоді було визначено їхні органолептичні та фізико-хімічні показники, у тому числі, вміст вітаміну С і β-каротину, які є антиоксидантами і захищають клітини організму людини від шкідливої дії вільних радикалів, сповільнюють процеси старіння.

Аналізуючи отримані результати (табл. 3), слід зазначити, що квашена продукція переважно зберігає пружну, хрустку консистенцію, за винятком гарбуза та перцю, що пояснюється структурою вихідної сировини, та приємні типові смак і аромат. Мутність заливки пояснюється накопиченням продуктів життєдіяльності молочнокислих бактерій.

Таблиця 3. Органолептична оцінка ферментованої сировини

Зразок	Показники		
	Якість заливки	Консистенція	Смак і аромат
Буряк столовий	Мутна, фіолетового кольору, без осаду	Овочі хрусткі, просочені заливою	Кисло-солоний смак, приємний запах
Морква	Мутна, світло-жовтого кольору	Овочі цілі, хрусткі, соковиті, м'якоть щільна	Солонувато-солодкий смак, приємний запах
Гарбуз	Мутна із білим осадом	М'якоть овочів дуже м'яка, має кашоподібну консистенцію	Солонувато-кислий на смак, типовий запах
Перець гострий	Мутна, без осаду, з приємним ароматом	Овочі м'які, просочені заливою	Гостро-солоний смак з кислинкою, приємний кислуватий запах

Зниження вмісту розчинних сухих речовин (табл. 4), порівняно з початковим, пояснюється проходженням процесу бродіння.

Крім того, слід відмітити, що процес ферментації супроводжується виділенням молочної кислоти, яка є природним консервантом. За допомогою ферментативного методу консервування спостерігається збереження аскорбінової кислоти та бета-каротину майже на рівні вихідної сировини (табл. 2, 4).

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники ферментованих овочів

Найменування зразку	Показники			
	Масова частка титрованих кислот (у перерахунку на молочну кислоту),%	Вміст		
		сухих речовин, %	аскорбінової кислоти, мг/100г	β-каротину, мг/100г
Буряк столовий	1,3	13,1	8,9	0,01
Морква	1,2	10,9	4,1	8,0
Гарбуз	1,2	8,2	6,9	1,2
Перець гострий	1,3	10,8	135	50

Висновки

1. Максимальне накопичення молочної кислоти при квашенні буряка столового, моркви, гарбуза, перцю гострого відбувається протягом 6—8 днів.

2. Органолептичні показники досліджуваних овочів у процесі ферментування не погіршуються.

3. Вміст аскорбінової кислоти та β -каротину в досліджуваних овочах до і після ферментації практично не змінюється, що свідчить про високу біологічну цінність ферментованих продуктів.

Література

1. Загальні технології харчових виробництв: підручник / А. І. Українець, М. М. Калакура, Л. Ф. Романенко та ін.; за заг. ред. М. М. Калакура, Л. Ф. Романенко; Відкритий міжнар. ун-т розвитку людини «Україна». Київ, 2010. 814 с.
2. Технології консервування плодів та овочів: підручник / за заг. ред. А. Ю. Токар. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві», 2015. 598 с.
3. Технічна мікробіологія / Л. В. Капрельянц, Л. М. Пилипенко, А. В. Єгорова, О. М. Канахніна, С. М. Кобелева; за заг. ред. Л. В. Капрельянц. Одеса, Друк, 2006. 308 с.
4. Пищевая специальная микробиология: учебное пособие для студентов направлений подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» / А. А. Перетрутов, М. Н. Чубенко, С. В. Просвирин. Нижний Новгород, 2018. 196 с.
5. Коваленко В. О., Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Коваль А. А., Ілюха М. Г., Александров О. В. Технічна мікробіологія: підручник для студ. вищих навч. закладів. Харків, 2013. 432 с.
6. Холодний Л. П., Безусов А. Т. Комплексная технология переработки фруктово-овощного сырья. *Наукові праці ХДАТОХ*. Харків, 2000. С. 160—164.
7. Васюта В. М., Рибак Г. М., Рибіцька Г. С., Холодний Л. П., Сухолотюк І. С., Бурбак А. М., Олійник Л. Б., Табакіна Т. П., Марченко К. В. Розробка технології нових видів овочевих консервів. *Мат. наук. конф. за результатами досліджень професорсько-викладацького складу, аспірантів та студентів ПКІ за 1996—1998 рр. в 2 книгах*. Полтава: ПКІ. 1999. Книга 2. С. 51—55.
8. Спосіб виробництва натуральних овочевих маринадів/ Л. П. Холодний, А. Т. Безусов, Г. П. Хомич: пат. 6103 А. Україна, МПК 7 A23L1/212. №20021210776; Заявлено 29.12.2002; Опубл. 15.10.03, Бюл. № 10. 4 с.
9. ДСТУ 7033:2009. Буряк столовий свіжий. Технічні умови. Київ, 2009. 14 с.
10. ДСТУ 7035:2009. Морква свіжа. Технічні умови. Київ, 2009. 15 с.
11. ДСТУ 3190-95. Гарбузи продовольчі свіжі. Технічні умови. Київ, 1995. 31 с.
12. ДСТУ 7981:2015 Перець стручковий гострий свіжий. Технічні умови. Київ, 2015. 13 с.
13. ДСТУ ISO 751:2004 Фрукти, овочі та продукти перероблення. Метод визначення сухих речовин, не розчинних у воді (контрольний метод) ДСТУ ISO 751:2004. Київ, 2005. 8 с.
14. ДСТУ ISO 2173:2007. Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT). Київ, 2005. 8 с.
15. ДСТУ ISO 1132:2005. Соки фруктові та овочеві. Визначення рН. (EN 1132:1994 IDT). Київ, 2005. 10 с.
16. ДСТУ EN 12147:2003. Соки фруктові та овочеві. Визначення титрованої кислотності. Київ, 2004. 10 с.
17. ДСТУ ISO 5520:2007 Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення лужності загальної та водорозчинної золи (ISO 5520:1981, IDT) Київ, 2008. 8 с.
18. ДСТУ ISO 6557-2:2014. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Визначання вмісту аскорбінової кислоти. Частина 2. Практичні методи. Київ, 2005. 10 с.
19. ДСТУ ISO 6558-2:2004. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Визначання вмісту каротину. Частина 2. Стандартні методи. Київ, 2005. 10 с.
20. ДСТУ 8449:2015. Продукти харчові консервовані. Методи визначення органолептичних показників, маси нетто чи об'єму та масової частки складових частин. Київ, 2015. 13 с.

EFFECT OF WATER THERMAL TREATMENT
PARAMETERS OF FLAX SEEDS ON THE TRANSFER
OF DRY MATTERS INTO THE WATER

T. Korzh, O. Suprun-Krestova, V. Kyrylyuk
National University of Food Technologies

Key words:

Flax seeds
Mucus
Flax polysaccharides
Water extraction

Article history:

Received 06.12.2019
Received in revised form
23.12.2019
Accepted 21.01.2020

Corresponding author:

O. Suprun-Krestova
E-mail:
elen.suprun@gmail.com

ABSTRACT

Usage of different natural components in products in order to increase their nutritional value is important trend in healthy diet today. World population has a great shortage of food as well. Rational usage of raw materials is the way to solve problem of nutritional deficiency. Thus, deep investigation of raw materials' properties in order to wider usage their potential is actual task.

The flax supplies valuable products of two types — fiber and seeds. Due to the rich chemical composition — fibers, fatty acids of $\omega 3$, $\omega 6$ and $\omega 9$, mineral substances, tocopherol, essential amino-acids, antioxidants, lignin and polysaccharides (mucus) — flax seeds have a lot of benefits. In particular, vitamin of B group (especially B1) is very important for carbohydrates metabolism as human body unable to consume sugars without sufficient amount of vitamin B1. The lignans (“plant hormones”) are important component in flax seeds as they provide antibacterial and antivirus effect.

Deep investigation of technological properties of flax seeds as valuable food ingredient is presented in the paper as flax seeds potential is not used enough today. Parameters of water thermal treatment of flax seeds — temperature of water, water consumption and exposure of extracting process — in order to release polysaccharides that have positive impact on human body but not enough studied have been determined.

Results showed that increasing temperature of water and duration of extracting lead to higher transfer of dry matters (mucus) of flax into the water. Influence of temperature on the transfer of dry matters is nearly twice higher than effect of extraction duration. Combination of impact of both factors provides the maximum (synergic) effect on the transfer of dry matters of flax to the water. Hydromodulus in ratio of 1:10—1:25 has no perceptible effect on transfer of dry matters into water. The optimal parameters have been determined: temperature of water – 85—95°C, exposure of infusion during repetitive stirring is 125—145 min (2—2.5 hours), recommended hydromodulus is 1:15—20.

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ВОДОТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ НА ПЕРЕХІД СУХИХ РЕЧОВИН У ВОДУ

Т. В. Корж, О. Ю. Супрун-Крестова, В. В. Кирилюк

Національний університет харчових технологій

Важливою тенденцією сьогодення в організації здорового харчування є використання різних природних компонентів у складі харчових продуктів з метою підвищення їх харчової цінності. Крім того, у світі спостерігається дефіцит продуктів харчування. Один із шляхів вирішення проблеми дефіциту харчування — раціональне використання сировини, тому сьогодні актуальним є більш глибоке вивчення властивостей сировини з метою ширшого використання її потенціалу.

Така олійна культура, як льон дає два дуже цінних продукти — волокно та насіння. Корисні властивості насіння цієї рослини різноманітні завдяки багатому хімічному складу: клітковина, жирні кислоти омега-3, омега-6, омега-9, мінеральні речовини, вітамін Е, незамінні амінокислоти, антиоксиданти, лігніни, полісахариди (слизі). Багатий льон і вітамінами групи В (особливо В₁), що дуже важливо для вуглеводного обміну в організмі людини, оскільки без достатньої кількості вітаміну В₁ наш організм нездатний повноцінно засвоювати цукри. Важливим компонентом в насінні льону є лігнани («рослинні гормони»), які мають антибактеріальну й антивірусну дію.

У статті проаналізовано технологічні властивості насіння льону як цінного харчового компонента, оскільки потенціал насіння льону на сьогодні недостатньо повно використовується. Визначено вплив параметрів водотеплового оброблення насіння льону-довгунця (температури води, витрати води та експозиції процесу екстрагування) з метою виділення його полісахаридів, які мають позитивний вплив на організм людини, хоча їхні технологічні властивості ще мало вивчені.

За результатами дослідження встановлено, що підвищення температури води й тривалості екстрагування сприяє зростанню переходу сухих речовин (слизів) льону у воду. Сила впливу температури на перехід сухих речовин приблизно в 2 рази вища, ніж сила впливу тривалості екстрагування. Сумарний вплив обох факторів забезпечує максимальний (синергічний) ефект переходу сухих речовин льону у воду. Гідромодуль у діапазоні 1:10—1:25 практично не впливає на результат переходу сухих речовин у воду. Вибрані оптимальні параметри процесу: температура води — 85—95°C, експозиція настоювання при періодичному збовтуванні — 125—145 хв (2—2,5 год), рекомендований гідромодуль — 1:15—20.

Ключові слова: насіння льону, слизі, полісахариди льону, водна екстракція.

Постановка проблеми. Важливою тенденцією сьогодення в організації здорового харчування є використання різних природних компонентів у складі харчових продуктів з метою підвищення їхньої харчової цінності. Насіння льону і продукти із нього можуть бути саме таким цінним компонентом харчових продуктів.

Льон дає два дуже цінних продукти — волокно та насіння. Ще в далекому кам'яному віці насіння льону вживали в їжу, а як лікувальний засіб його першим відкрив Гіппократ. Він застосовував відвар з насіння при шлунково-кишкових хворобах. В часи Київської Русі була встановлена бактерицидна дія насіння і його застосовувати як засіб пом'якшення й очищення шкіри. Корисні властивості цієї рослини різноманітні завдяки багатому хімічному складу: клітковина, жирні кислоти омега-3, омега-6, омега-9, мінеральні речовини, вітамін Е, незамінні амінокислоти, антиоксиданти, лігніни, полісахариди (слизі). Багатий льон і вітамінами групи В (особливо В₁), що є дуже важливо для вуглеводного обміну в організмі людини, оскільки без достатньої кількості вітаміну В₁ наш організм нездатний повноцінно засвоювати цукри. Важливим компонентом в насінні льону є лігнани («рослинні гормони»), які мають антибактеріальну й антивірусну дію [1].

З огляду на це у ряді країн (Німеччина, Канада, Україна тощо) насіння льону застосовують як важливий компонент, що входить до рецептури хлібобулочних та кондитерських виробів і підвищує їхню харчову цінність [1; 2].

На жаль, у світі спостерігається великий дефіцит продуктів харчування. Один із шляхів вирішення проблеми дефіциту харчування є раціональне використання сировини, тому сьогодні актуальним є більш глибоке вивчення властивостей сировини з метою ширшого використання її потенціалу.

Поглиблене вивчення технологічних властивостей насіння льону як цінного харчового компонента є питанням актуальним. Потенціал насіння льону на сьогодні недостатньо повно використовується і тому важливо дослідити окремі його складові, які можуть мати своє важливе застосування. Одним із таких компонентів є його полісахариди, які мають позитивний вплив на організм і ще мало вивчені.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками все більше уваги приділяється науковим дослідженням і розробленню способів поглибленого перероблення рослинної сировини з підвищеним вмістом біологічно активних речовин. Згідно з аналізом літературних джерел [5—10] насіння льону характеризується високим вмістом полісахаридів, які здатні переходити у його водний екстракт.

Полісахариди широко представлені в групі вуглеводів, велика кількість яких міститься і в насінні льону — 9—12% від маси його сухих речовин. Традиційно біологічно активні полісахариди класифікують за їх фізичними властивостями на камеді, слизи і пектинові речовини без урахування хімічної структури. Наявність слизів на оболонці насінини є характерною ознакою льону і дає змогу краще закріпитись їй на ґрунті при проростанні. Слизі — це суміші гомо- і гетерополісахаридів та поліуронідів. Вони легко набухають у

воді, утворюючи в'язкі маси. Володіють обволікаючими і пом'якшуючими властивостями, місцево зменшують подразнюючу дію різних речовин, особливо це важливо при запальних і виразкових процесах слизових оболонок у шлунково-кишковому тракті [3—7].

Полісахариди широко застосовуються в різних галузях промисловості: хімічній, харчовій, в медицині тощо. У медицині слизі широко використовують для виготовлення оболонки таблеток, які мають ряд переваг — зменшують побічні ефекти, сприяють зниженню дози препарату, доставці його в неушкодженій формі до потрібної ділянки ураження [7; 9].

Рослинні полісахариди відносять до харчових волокон. Вживання рослинних волокон викликає такі фармакологічні ефекти: пригнічення апетиту та підвищення відчуття ситості; зниження потреби в енергії; нормалізація моторної функції кишечника; уповільнення росту гнильних мікробів; нормалізація кишкової мікрофлори; зниження ступеня всмоктування жиру в тонкому кишечнику; зниження рівня холестерину в крові; позитивний вплив на обмін вітамінів і ліпідів у системі кишково-печінкової циркуляції. Завдяки цьому знижується ризик хронічних запорів, геморою, апендициту, раку товстої кишки, розвитку жовчнокам'яної хвороби, ожиріння, ішемічної хвороби серця, гіпертонічної хвороби, цукрового діабету [6—10].

У харчовій промисловості полісахариди використовують як гелеутворювачі, згущувачі, стабілізатори водно-жирових емульсій тощо. Їм надано «Е» кодифікацію, а саме: пектини — E440, крохмалі — E1400, целюлоза і її похідні — E460 та E469.

Слиз насіння льону належить до пребіотиків. Пребіотики (харчові волокна) мають численні фізіологічні ефекти і відіграють важливе значення у функціонуванні організму [6—10].

В Україні здавна вирощують льон для отримання цінного волокна. Внаслідок цього виробництва в країні є достатня кількість такої цінної сировини, як насіння льону-довгунця.

Метою статті є вивчення властивостей насіння льону-довгунця, зокрема умов екстрагування його полісахаридів.

Матеріали і методи. В процесі дослідження впливу ряду параметрів на процес екстрагування полісахаридів насіння льону використовували як екстрагент — водопровідну воду, оскільки з літературних джерел відомо, що полісахариди (слизі) льону є водорозчинними, а вода — це найдешевший природний екстрагент для отримання продукту харчового призначення.

Для вибору факторів, які впливають на процес екстрагування, було проведено аналіз системи — процес екстрагування водою полісахаридів із насіння льону за параметричною схемою.

Як фактори, які впливають на процес, вибрано: витрату води (кількість води) — $G_{\text{води}}$, см³; температуру води — $t_{\text{води}}$, °C; тривалість екстрагування — τ , хв. Оцінювали ефективність екстрагування за кількістю сухих речовин, які перейшли в екстракт із 100 г льону в перерахунку на сухі речовини ($U_{\text{ср}}$, %) (рис. 1).

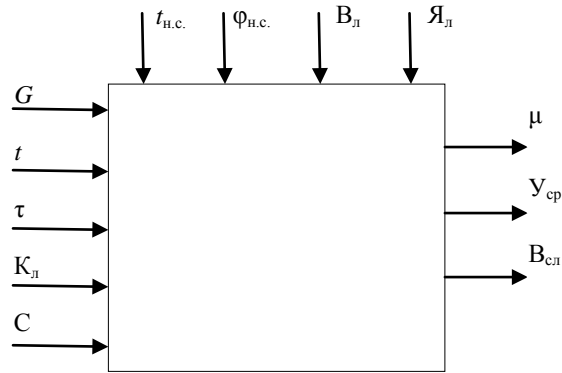


Рис. 1. Параметрична схема процесу водного екстрагування полісахаридів насіння

льону, G — кількість води для екстрагування, см³; t — температура води, °С;
 τ — тривалість настоювання, хв; $K_{л}$ — кількість льону, г; C — співвідношення води і льону; $t_{н.с.}$ — температура навколишнього середовища °С; $\phi_{н.с.}$ — відносна вологість, %;
 $V_{л}$ — вид льону; $Y_{л}$ — якість льону; μ — в'язкість, мм²/с; $U_{ср}$ — сухі речовини льону, %;
 $V_{сл}$ — вихід слизів, %

Для постановки експерименту необхідно, крім факторів, вибрати інтервали їх варіювання. На основі пробних дослідів вибрали такі значення для всіх факторів впливу (табл. 1).

Таблиця 1. Значення досліджуваних факторів впливу на процес екстрагування насіння льону

Назва	Фактори, які визначають вплив на процес		
	$X_1 (G_{води}), \text{см}^3$	$X_2 (t_{води}), \text{°С}$	$X_3 (\tau), \text{хв}$
Верхній рівень	500	100	180
Нижній рівень	175	50	30

Для постановки оптимізаційного експерименту та статистичної обробки результатів досліджень процесу водного екстрагування використали відомий метод повного факторного експерименту для трьох факторів (план 2³), а для вибору оптимальних параметрів процесу — градієнтний метод Бокса-Уїлсона [11].

Для виділення слизів, які необхідні для подальших досліджень, в конічну колбу брали наважки насіння льону в кількості 20 г і заливали водою вибраного об'єму (175 см³ та 500 см³) та при заданій температурі (50°С та 100°С). Перемішували та ставили зразок у термостат, збовтуючи кожні 10—20 хв. Тривалість експозиції залежала від вибраного експериментом часу (30 хв або 180 хв).

Із зразків, після виділення слизу, відбирали по 20 см³ витяжки для визначення сухих речовин. Витяжку поміщали у попередньо висушені та зважені з точністю до 0,0001 г чашки. Витяжку випарювали на водяній бані. Після випарювання вологі чашки із зразками поміщали у сушильну шафу СЕШ,

висушували їх до постійної маси при температурі 105°C. Масову частку сухих речовин слизів (%) розраховували за формулою:

$$X = \frac{a \cdot V \cdot 100 \cdot 100}{20 \cdot m \cdot (100 - W)} \quad (1)$$

де a — маса витяжки після сушіння, г; V — об'єм води для виділення слизів, см³; 100 — перерахунок на 100 г льону; m — маса наважки насіння льону, взята для визначення сухих речовин, г; 100/(100– W) — перерахунок на 100 г абсолютно сухих речовин; W — вологість насіння льону, %

Результати і обговорення. За результатами поставленого експерименту отримано значення сухих речовин слизів, виділених із насіння льону-довгунця, які наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Результати дослідження впливу кількості води, температури і тривалості екстрагування на перехід сухих речовин у воду

№ досліду	Вплив факторів			Вихід полісахаридів, % до маси СР льону	Відносний вихід полісахаридів, %
	$G_{\text{води}}$, см ³ (насіння льону: кількість води)	$t_{\text{води}}$, °C	τ , хв		
1	2	3	4	5	6
Вплив температури на вихід полісахаридів					
1.1	500 (1:25)	50	30	3,93	101,0
		100		7,90	
		50	180	5,57	111,3
		100		11,77	
Вплив тривалості настоювання на вихід полісахаридів					
1.2	500 (1:25)	50	30	3,93	41,7
			180	5,57	
		100	30	7,90	50,0
			180	11,77	
Вплив температури та тривалості настоювання на вихід полісахаридів					
1.3	500 (1:25)	50	30	3,93	199,5
		100	180	11,77	
Вплив температури на вихід полісахаридів					
2.1	175 (1:8,75)	50	30	3,73	76,1
		100		6,57	
		50	180	4,87	138,8
		100		11,63	
Вплив тривалості настоювання на вихід полісахаридів					
2.2	175 (1:8,75)	50	30	3,73	30,6
			180	4,87	
		100	30	6,57	77,0
			180	11,63	
Вплив температури та тривалості настоювання на вихід полісахаридів					
2.3	175 (1:8,75)	50	30	3,73	211,8
		100	180	11,63	

1	2	3	4	5	6
Вплив кількості води, температури і тривалості настоювання на вихід полісахаридів					
3	175 (1:8,75)	50	30	3,73	215,5
	500 (1:25)	100	180	11,77	

Кількість води, використаної для екстрагування, становила 175 см³ та 500 см³. Якщо проаналізувати вплив температури на вихід полісахаридів, то при кількості води 175 см³ і тривалості екстрагування 30 хв вона становить 76,1%, тоді як при тривалості екстрагування 180 хв вихід полісахаридів вищий і становить, відповідно, 138,8%. При використанні об'єму води в кількості 500 см³ залежність ефективності процесу від вказаних факторів зберігається, але порівняно з попереднім варіантом для температури 50°C і тривалості екстрагування 30 хв вища і становить, відповідно, 101%, тоді як для температури 100°C і тривалості настоювання 180 хв вона становить 111,3%, тобто приріст переходу сухих речовин у другому випадку становить 10,3% проти 62,7% для попереднього варіанту. Це означає, що при підвищенні температури та збільшенні тривалості екстрагування ефективність процесу має тенденцію до вирівнювання, або згладжування. Той самий ефект можна спостерігати при аналізі впливу тривалості настоювання на вихід полісахаридів — ефективність процесу при кількості води 175 см³ становить 30,6% та 77,0% проти 41,7% та 50% при кількості води в 500 см³. Тут можна відмітити ще те, що сила впливу температури, порівняно із впливом тривалості настоювання на процес, вища. Якщо ж порівняти ефективність процесу від комбінації мінімальних значень параметрів процесу і комбінації їх максимальних значень для кількості води 175 см³ та 500 см³, то значення приросту полісахаридів становить, відповідно, 211,8% та 199,5%. Якщо ж порівняти цей результат з оцінкою ефективності дії всіх трьох мінімальних проти трьох максимальних значень факторів, то цей результат близький і становить 215,5%. Це означає, що сумарний вплив обох параметрів при високих режимах процесу мало залежить від кількості води.

Кількість води (гідромодуль), використаної при екстрагуванні слизів із насіння льону, як видно з отриманих результатів, практично не впливає на кінцевий результат.

Для вибору оптимальних значень процесу екстрагування слизів із насіння льону необхідно було отримати математичну модель процесу. За результатами досліджень, поставлених за планом 2³ і наведених в табл. 3, проведено оцінку однорідності дисперсії за критерієм Кохрена. Дисперсія однорідна, оскільки розрахункове значення критерію менше за табличне (0,3019 < 0,8159).

Після розрахунку коефіцієнтів отримали рівняння регресії такого вигляду:

$$y = 7,0 + 0,3x_1 + 2,47x_2 + 1,46x_3 + 0,07x_1x_2 - 0,08x_1x_3 + 0,78x_2x_3 - 0,21x_1x_2x_3. \quad (2)$$

У результаті статистичної обробки результатів експерименту встановлено, що суттєвими є коефіцієнти b₀, b₂ та b₃. Коефіцієнт при факторі x₁ виявився незначимим. Це означає, що за цим фактором нульовий рівень збігається із

зоною оптимуму. Проведено перевірку адекватності рівняння регресії за критерієм Фішера. А адекватне рівняння має вигляд:

$$y = 7,0 + 2,4x_2 + 1,46x_3 \quad (3)$$

Таблиця 3. Матриця експерименту за планом 2³ і результати його реалізації

№ досліду	Рівні факторів			Значення критерію оптимальності (Y _{сп}), %			Середнє значення
	X ₁ (G _{води}), см ³	X ₂ (t _{води}), °C	X ₃ (τ), хв	У досліді			
				1	2	3	
1	+	—	—	6,9	2,4	2,5	3,93
2	—	—	—	4,5	4,0	2,7	3,73
3	+	+	—	13,0	5,7	5,0	7,90
4	—	+	—	11,1	4,4	4,2	6,57
5	+	—	+	9,2	4,6	2,9	5,57
6	—	—	+	6,9	3,9	3,8	4,87
7	+	+	+	14,7	11,0	9,6	11,77
8	—	+	+	13,0	11,8	10,3	11,63

На основі цього рівняння побудовано програму «крутого сходження» і поставлено екстремальний експеримент, результати якого наведені в табл. 4.

Таблиця 4. План екстремального експерименту

№ досліду	Значення факторів			Середнє значення критерію оптимальності (Y _{сп}), %
	X ₁ (G _{H2O} , см ³)	X ₂ (t _{H2O} , °C)	X ₃ (τ, хв)	
9	350	55	65	3,6
10	350	65	85	3,9
11	350	75	105	8,4
12	350	85	125	15,2
13	350	95	145	14,8
14	350	100	165	12,4

За результатами цього експерименту можна зробити висновок, що параметри 12 досліді визначають оптимальні значення процесу екстрагування полісахариду із льону. Необхідно відмітити, що значення виходу процесу для досліді 13 теж досить непогані та близькі до оптимуму, тобто можна говорити про певну оптимальну зону, яка окреслюється параметрами досліді 12 та 13, а саме: кількість води — 350 см³ (або гідромодуль становить 1:15—20), температура води 85—95°C та експозиція настоювання при періодичному збовтуванні становить 125—145 хв (2—2,5 год).

Висновки

Підвищення температури води й тривалості екстрагування сприяє зростанню переходу сухих речовин (слизів) льону у воду. Сила впливу температури на перехід сухих речовин приблизно вдвічі вища, ніж сила впливу тривалості екстрагування. Сумарний вплив обох факторів забезпечує максимальний (синергічний) ефект переходу сухих речовин льону у воду. Гідромодуль в

діапазоні 1:10—1:25 практично не впливає на результат переходу сухих речовин у воду. Оптимальними параметрами процесу є такі їх значення: температура води — 85—95°C, експозиція настоювання при періодичному збовтуванні — 125—145 хв (2—2,5 год), рекомендований гідромодуль — 1:15—20.

Подальші дослідження будуть стосуватись визначення технологічних властивостей самих полісахаридів для окремого їх використання в харчовій промисловості та медицині, оскільки слиз насіння льону належить до пребіотиків.

Література

1. Живетин В. В., Гинзбург Л. Н., Ольшанская О. М. Лен и его комплексное использование. М.: Информ-Знание, 2002. 394 с.
2. Пашенко Л. П., Прохорова А. С., Кобцева Я. Ю., Никитин И. А. Характеристика семян льна и их применение в производстве продуктов питания. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2004. № 7. С. 56—57.
3. Іваненко Ф. В., Сінченко В. М. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції. К.: КНЕУ, 2005. 221 с.
4. Сай В. А. Технологія вирощування, збирання та первинної переробки льону олійного. Луцьк: ЛНТУ, 2012. 168 с.
5. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи Принт, 2002. 236 с.
6. Дробот В. И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности. К.: Урожай, 1988. 152 с.
7. Фармацевтична енциклопедія. Полісахариди. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/890/polisaxaridi>.
8. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений. Т.1. М., 1986. 356 с.
9. Полумбрик М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини. К.: Академперіодика, 2011. 487 с.
10. Некрохмальні полісахариди. URL: <https://helpiks.org/8-30205.html>.
11. Остапчук М. В., Станкевич Г. М. Математичне моделювання на ЕОМ: Підручник. Одеса: Друк, 2006. 313 с.

IMPROVEMENT OF BEER TECHNOLOGY DUE TO THE
USE OF THE SPICY-AROMATIC PLANT RAW MATERIAL

Z. Romanova, S. Loyko, M. Romanov

National University of Food Technologies

Key words:

*Stability of beer,
Viburnum,
Ginger,
Dogwood,
Oxidation,
Aging of beer,
Tannins,
Organoleptic evaluation,
Turbidity of beer*

Article history:

Received 03.12.2019
Received in revised form
19.12.2019
Accepted 13.01.2020

Corresponding author:

Z. Romanova

E-mail:

pani.zoriana@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of the work is to improve the technology of beer that will be resistant to colloidal opacities. Selection of vegetable raw materials, the dose of application at different stages of the technological process was carried. Changes in the extractability of the wort during the fermentation process, the total nitrogen content of the samples when using the raw materials, the physicochemical parameters of beer quality with the addition of various antioxidants were investigated.

The influence of non-traditional raw materials, namely dogwood, ginger and viburnum, sea buckthorn on the course of the brewing process of beer wort and finished beer was investigated and it was determined that the stage of cooking wort, namely boiling wort with hops, is the optimal stage for introducing non-traditional raw materials.

Oxygen control at the stage of boiling is important because oxygen can additionally affect the acidic yeast taste that occurs when beer is aged as a result of the formation of substances that affect the aroma and taste of beer, and increasing the content of antioxidants through the introduction of herbal supplements will prevent the oxidation process. Samples of wort with ginger and viburnum during the boiling process with hops have shown the best results of fermentation of sugars, this may indicate that these additives contain micronutrients that make yeast to be more active. Beer stabilized by the addition of viburnum was found to be the best sample.

This sample of beer has the lowest content of tannins, indicating the lowest amount of protein capable to cause turbidity during storage. It was proved that the use of herbal spicy-aromatic raw materials has a positive effect on the organoleptic and physicochemical parameters of the finished beer. The beer sample was obtained using the tested raw materials has the best stability, the physicochemical and organoleptic characteristics of the obtained beer meet regulatory requirements.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПИВА ЗАВДЯКИ ВИКОРИСТАННЮ ПРЯНО-АРОМАТИЧНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

З. М. Романова, С. М. Лойко, М. С. Романов

Національний університет харчових технологій

У статті розроблено технологію пива, стійкого до колоїдних помутнінь. Здійснено підбір рослинної сировини, визначено дозу її внесення на різних етапах технологічного процесу. Досліджено зміну екстрактивності сусла під час процесу бродіння і доброджування, вміст загального азоту у зразках при використанні досліджуваної сировини, фізико-хімічні показники якості пива з добавками різних антиоксидантів, а також вплив нетрадиційної сировини (кизилу, імбиру, калини та обліпихи) на перебіг технологічного процесу приготування пивного сусла і готового пива. Визначено, що оптимальною стадією для внесення нетрадиційної сировини є етап приготування сусла, зокрема кип'ятіння сусла з хмелем. Контроль кисню на стадії кип'ятіння є важливим, бо кисень може додатково вплинути на утворення кислого дріжджового смаку, що виникає при старінні пива в результаті утворення речовин, які впливають на аромат і смак пива, а зростання вмісту антиоксидантів за рахунок внесення рослинних добавок запобігатиме процесу окислення.

Зразки сусла, до яких під час процесу кип'ятіння сусла з хмелем було додано імбир і калину, продемонстрували найкращі результати зі зброджування цукрів. Це може свідчити про те, що добавки, додані на стадії кип'ятіння сусла, місять мікроелементи, які стимулюють дріжджі та роблять їх більш активними. Встановлено, що кращим зразком є пиво, стабілізоване шляхом добавки калини. Цей зразок пива має найнижчий таніновий показник, що вказує на найменшу кількість білків, здатних до утворення помутнінь у ньому в процесі зберігання. Доведено, що застосування рослинної пряно-ароматичної сировини позитивно впливає на органолептичні і фізико-хімічні показники готового пива. Зразок пива, отриманий з використанням досліджуваної сировини, має кращі показники стійкості, фізико-хімічні й органолептичні показники одержаного пива відповідають нормативним вимогам.

Ключові слова: стійкість пива, калина, імбир, кизил, окиснення, старіння пива, дубильні речовини, органолептична оцінка, мутність пива.

Постановка проблеми. Серед багатьох хімічних процесів, які призводять до погіршення якості харчових продуктів, виділяють окислювальні процеси, що сприяють «старінню» пива. Процеси окисного старіння починаються не тільки при зберіганні напою, вони супроводжують напій під час усієї технологічної схеми приготування. Наслідком таких процесів є накопичення широкого спектра речовин, які негативно впливають на смак і аромат напою [1; 2].

Дослідники вважають, що кисень під час усіх стадій виробництва пива погано діє на кінцевий смак і стабільність продукту, особливо для легких сортів пива низового бродіння. Причому роль кисню на різних технологічних етапах різна.

Смак, що виникає у пиві при його старінні, надають насамперед карбонільні сполуки, які в невеликих концентраціях сильно впливають і на аромат. При цьому кисень може додатково вплинути на утворення смаку, який виникає при старінні пива в результаті утворення важливих, з точки зору старіння, речовин, що впливають на аромат пива; утворення «попередників» цих речовин; зменшення вмісту антиоксидантів, в результаті чого пізніше кисень може призвести до процесу окислювальних реакцій [6; 11].

До реакцій «старіння» пива можна віднести багато окисних процесів. Однак головний внесок у формування смаку й аромату пива, яке «постаріло», роблять процеси окислення вищих спиртів, окислювальний розпад ізогумулонів, реакція Маєра і розпад за Штреккером, автоокислення жирних кислот, ферментативний розпад жирних кислот, фотоокислення жирних кислот, вторинне автоокислення альдегідів тощо. Умовно ці процеси можна розділити на процеси ферментативного і неферментативного окислення. Велика частина з перерахованих вище реакцій відбувається за участі вільних радикалів, утворення яких посилюється під впливом кисню [7].

Унаслідок окислювальних процесів, а також інших несприятливих факторів, таких як підвищення температури зберігання і дії світла, існує ризик виникнення колоїдних помутнень. Помутніння пива супроводжується погіршенням його смаку і пінистих властивостей.

При «старінні» пива відбувається зростання вмісту багатьох летких сполук, зокрема високомолекулярних, частково ненасичених карбонільних сполук. Деякі фахівці вважають основною причиною утворення смаку «старіння» саме їх [1; 6; 7].

Колоїдні помутніння виникають при «старінні» колоїдів. Їх поява пов'язана зі збільшенням розмірів частинок через зіштовхування окремих ліофільних солей, що знаходяться у безперервному броунівському русі. Крім того, внаслідок втрати заряду і дегідратації деяких колоїдних сполук відбувається взаємодія різнозаряджених компонентів і утворюється каламуть [6; 7].

Колоїдну стійкість пива можна підвищити двома шляхами: технологічними прийомами та стабілізацією складу суслу, молодого і готового пива. Впливати на колоїдну стійкість пива певною мірою можна, регулюючи параметри отримання суслу та його зброджування. Важливою також є стабілізаційна витримка перед фільтрацією пива, яка повинна тривати протягом шести днів за температури $-2-0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ця витримка зумовлює виділення частинок холодної каламуті [7].

Під час усіх процесів у цехах ферментації і розливу потрібно обов'язково уникати контакту готового пива з металічними частинами апаратів, окрім нержавіючої сталі, а також контакту з киснем. При недотриманні цих умов у пиві будуть відбуватися окислювальні процеси, що негативно вплинуть на стабільність готового напою.

Разом з тим суттєво підвищити колоїдну стійкість пива можна лише за допомогою спеціальних прийомів обробки суслу та пива. На основі аналітичного огляду визначено негативну роль кисню на кожному етапі виготовлення пива,

тому намагаються провести процес так, щоб захистити всі компоненти суслу та пива від контакту з киснем або загальмувати процес їх окиснення [7; 8].

Підвищення стійкості пива до різноманітних помутнень, звичайно, залежить від технологічних режимів його приготування. Проте підвищити цей показник дає змогу також використання спеціальних стабілізуючих засобів (полівінілполіпірролідон (ПВПП), силікагелі).

Для запобігання колоїдному помутнінню пива необхідно гідролізувати полімери, що входять до складу колоїдних частинок. Більшість ферментативних способів стабілізації засновано на застосуванні протеолітичних ферментів, тобто на розщепленні білкової складової колоїдних частинок. Поряд з цим використовуються препарати амілаз, глюканаз, целюлаз. За кордоном як протеазу широко застосовують папаїн, на основі якого створені різні комерційні препарати для стабілізації пива. Крім папаїну, застосовується бромелаїн, фіцін, пепсин. У вітчизняній практиці пиво стабілізують за допомогою мікробних ферментних препаратів протосубтиліну, амілоризину, пектофоеїдину, целлолігнорину тощо [6; 7].

Протягом останніх п'ятдесяти років була помітна тенденція до збільшення використання синтетичних добавок, проте споживач все більше схиляється до «натуральності» пива. Задовольнити потреби споживачів і збільшити стабільність пива допомагають спеціальні добавки, які виробляють з натуральної сировини екстрагуванням високочистих танінів. Прикладом такого препарату є продукт бельгійської компанії Ajinomoto Specialites під назвою Brewtan [15].

Цікавою альтернативою є використання рослинної сировини для підвищення колоїдної стійкості пива. Основними рослинами, що набувають популярності в наукових колах, є ті, які у своєму складі містять ароматичні, дубильні речовини, ефірні масла, флавоноїди тощо. Перспективною рослинною сировиною в пивоварінні залишається чорний і зелений чай. Завдяки тому, що чайний лист дуже багатий на антиоксиданти, є можливість використання екстрактів чайного листа для підвищення антиоксидантних властивостей пива, а також фізико-хімічної стабільності готового напою [9; 11].

Дикорослі плоди та ягоди є багатим джерелом вітамінів, мінеральних сполук, органічних кислот, макронутрієнтів тощо. Їхня цінність як лікарської та харчової сировини визначається комплексом біологічно активних речовин, зокрема їх якісним і кількісним складом, синергізмом дії та високим ступенем засвоєння живим організмом. Включення фітоекстрактів до складу харчових продуктів, особливо позбавлених вираженого смаку, запаху і кольору, значно поліпшують їхні органолептичні показники за рахунок природних барвників та ефірних олій. Наявність антиоксидантів, фітонцидів, ряду органічних кислот у фітокомпозиціях сприяє подовженню термінів зберігання напоїв [5].

Введення натуральних екстрактів або висушеної плодово-ягідної сировини на різних технологічних стадіях приготування пива дає змогу не тільки покращити його здатність протистояти утворенню помутнень у процесі зберігання, а й розширити асортимент за рахунок створення продукту з новими органолептичними якостями [4; 5].

Мета дослідження: узагальнення наявної на теперішній час інформації про підвищення стійкості пива, дослідження складу нетрадиційної сировини з вибором найбільш оптимальної за поліфенольним складом для подовження терміну придатності пива.

Матеріали і методи. У процесі дослідження використано нормативну документацію та відповідні методики згідно з нормативними документами [8]. Зразки досліджували на вміст амінного азоту в суслі; вміст сухих речовин (стежили за динамікою зброджування); рН і титровану кислотність; вміст фенольних компонентів.

Викладення основних результатів дослідження. Проблема підвищення терміну придатності пива за рахунок збільшення його стійкості в процесі зберігання є однією з найактуальніших при виробництві пива. Покращення показників стійкості готового продукту в процесі зберігання робить його більш конкурентоспроможним. Тож першочерговим завданням є підбір рослинної сировини, яка не тільки покращить споживацькі властивості пива,

розглянуто проблему підвищення стійкості пива під час його зберігання. Досліджено вплив антиоксидантів і дубильних речовин, кизику, імбиру і калини на перебіг технологічного процесу приготування пива та визначено його оптимальну стадію для внесення нетрадиційної сировини. Показано, що застосування рослинної пряно-ароматичної сировини позитивно впливає на органолептичні і фізико-хімічні показники готового пива.

Натепер активно вивчається антиоксидантна активність (АОА) рослинних екстрактів. Екстракти з трави м'яти, листя підбілу, плодів горобини, трави чебрецю і звіробою, отримані згідно з ТУ У 18.483-98, вже тестувалися на пиві. Було встановлено, що їх введення у технологічну схему виготовлення напою не тільки підвищує смакову стабільність готового напою, а також позитивно впливає на збереження гірких речовин хмелю, які містяться у кінцевому продукті [17; 18].

Проведені на кафедрі біотехнології продуктів бродіння та виноробства Національного університету харчових технологій дослідження параметрів якості пива з використанням пряно-ароматичної сировини свідчать про позитивний вплив сумішей імбиру та гвоздики, а також імбиру, гвоздики та коріандру. Використання нетрадиційної сировини в процесі виробництва пива дає змогу не тільки розширити асортимент, а й збагатити напій біологічно активними речовинами, макро- та мікроелементами [2; 18].

У процесі виробництва пива допускається використання як несолоджених матеріалів, так і харчових продуктів і матеріалів, дозволених органами охорони здоров'я України, чинною нормативною документацією [8].

У таких країнах, як Бельгія, США, Аргентина, Бразилія також дозволена заміна солоду несолодженим матеріалом, однак можна використовувати не більше 20% несолоджених матеріалів. У Китаї, Росії, Канаді та Великій Британії відсутні обмеження, в той час як у Німеччині відповідно до закону «Про чистоту пива» не дозволяється використовувати несолоджені матеріали [13; 14]. При формуванні товарної пропозиції на споживчому ринку виробник пивоварної продукції має право використовувати як традиційну, так і нетрадиційну сировину.

Імбир, як і інші лікарські рослини, містить дуже складну суміш компонентів, серед яких бета-каротин, капсаїцин, кофеїнова кислота, куркумін. Крім цього, до складу імбиру входить багато амінокислот, а також вітаміни С, В₁, В₂, А. Імбир належить до рослин, що стимулюють процеси обміну речовин, перешкоджає злипанню тромбоцитів, чим знижує ризик виникнення інфаркту. Може використовуватися при запальних процесах, для профілактики і лікування мігрені. Пряний, терпкий аромат імбиру зумовлений наявністю в ньому ефірної олії (1,2—3%), а його пекучий смак залежить від наявності фенольних сполук типу гінгеролу. Оскільки до його складу входить велика кількість біологічно активних речовин, імбир має високу антиоксидантну активність. Завдяки цьому останнім часом він є об'єктом досліджень багатьох вчених [2; 5].

Плоди кизилу багаті аскорбіновою кислотою (в 100 г — 88,6% добової норми), містять досить багато фолієвої кислоти (відповідно — 12,5%); макро- і мікроелементів: бору (85,1%), заліза (82%), марганцю (27,7%), заліза (27,3%), молібдену (21,4%), калію (14,5%), кремнію (13,3%), кобальту (10,0%). Кизил відрізняється відносно високим вмістом фітостеролів (18,7%), моно- і дисахаридів (18,0%), серед яких домінує глюкоза (в 100 г — 14,4% добової норми), а також пектину (13%); не містять сахарози, містять невелику кількість крохмалю (в 100 г — 0,1 г) [3].

Речовини кизилу звичайного можуть спричиняти антиоксидантний ефект (флавоноїди). Завдяки дубильним речовинам кизил володіє в'язучими властивостями, що, у свою чергу, має стати запорукою зменшення кількості білків — попередників колоїдних помутнінь.

Встановлено антиокислювальну активність плодів кизилу за здатністю відновлювати іони заліза на 100 г сухої маси, яка в перерахунку на аскорбінову кислоту змінювалася в діапазоні 41—149 мкМоль, вміст антоціанів у перерахунку на ціанідан-3-глікозидит становить від 1,3 до 223 мг-еквівалента, у той час як вміст фенольних сполук змінювався у діапазоні 657—2611 мг-еквівалента (в перерахунку на галову кислоту). З'ясовано, що свіжі ягоди кизилу можуть бути джерелом антиоксидантів і використовуватися як харчова добавка [3; 5].

Хімічний склад калини звичайної дуже багатий на корисні речовини. Кора рослини містить ефірну олію, фітостерини, флавоноїди (вібурнін), спирт вібурніт, дубильні речовини, α - та β -амірин з похідними сполуками, близько 6% смоли, а також пальмітинову, мурашину, валеріанову, оцтову, лінолеву, олеїнову, ізовалеріанову, церотинову, капронову і каприлову кислоти. Плоди калини мають у складі цукор, флавоноїди (кемпферол, кверцетин, пеонозид, астрагалін), барвники, пектинові та дубильні речовини, біфлавоноїд аментофлавонол, β -каротин, вітамін С, ряд органічних кислот та мікроелементів. Квіти рослини також містять у своєму складі органічні кислоти, флавоноїди, ефірну олію та вітамін С [5].

Так, у складі ягід калини наявні вуглеводи (6—8 г), дубильні речовини (до 3%), органічні кислоти, пектини, ефірні масла, фітостерини, таніни, смоловидні ефіри, вібурнін, вітамін А (2,5 мг), вітамін Е (2 мг), вітамін С (до 82 мг), вітамін Р (300—500 мг), вітамін К, калій, магній, залізо, цинк та інші мікроелементи [5].

Речовини обліпіхи звичайної (*Hippophae rhamnoides*) зумовлюють антиоксидантний ефект продуктів (флавоноїди). Завдяки дубильним речовинам обліпіха має в'язучі властивості, що, як і кизил, має стати запорукою зменшення кількості білків — попередників колоїдних помутнень. Ягода містить до 3,5% цукрів, 2,6% — органічних кислот, 83,6—86,4% — жирної олії, 8,6—272,5 мг% — аскорбінової кислоти (вітаміну С), 0,9—10,9 мг% — каротину, 0,016—0,035 — вітаміну В₁, 0,1016—0,035 мг% тіаміну (тобто, вітаміну В₁) і 0,038—0,056 мг% рибофлавіну (вітамін В₂) [5]. З кори виділено серотонін — речовина, що має протипухлинну дію.

Отже, зважаючи на підвищений вміст антиоксидантів і дубильних речовин в описаній вище сировині (кизил, імбир, калина, обліпіха), її доцільно досліджувати з можливістю використання для підвищення стійкості пива, поліпшення його характеристик, а також задля розширення асортименту продукції зі створенням нових сортів.

Першим етапом дослідження стало проведення порівняльної фізико-хімічної характеристики різних видів пива (експериментальних зразків). Було досліджено пиво з додаванням таких видів сировини, як ягоди кизилу (зразок 2), корінь імбиру свіжий (зразок 3), плоди калини (зразок 4), плоди обліпіхи (зразок 5). Також підготовлено контрольний зразок (зразок 1) без додавання жодної пряно-ароматичної сировини. Пиво готували згідно з чинними нормативними документами, пивне сусло — екстрактивністю 11,8% [9]. Сировина з підвищеним вмістом антиоксидантів додавалася до досліджуваних зразків через 90 хв після початку кип'ятіння. Тривалість кип'ятіння склала 120 хв. Нетрадиційна сировина була задана у кількості 10 г/дм³. Після проведення процесу кип'ятіння охмелені зразки відстоювали для можливості вилучення білкового бруху. У подальшому охмелене сусло охолоджували, до нього були задані дріжджі нового бродіння Fermentis S-189. Наступні шість діб, під час бродіння експериментальних зразків досліджено якісний вплив доданої нетрадиційної сировини на перебіг цього процесу.

Динаміку зміни екстрактивності сусла під час бродіння наведено у табл. 1

Таблиця 1. Динаміка зміни екстрактивності сусла у процесі бродіння

Зразок \ Доба	Вміст сухих речовин, %		Зміна вмісту сухих речовин у процесі бродіння, %				
	до охмелення	після охмелення	2 доба	3 доба	4 доба	5 доба	6 доба
Контроль 1	11,8	12,0	11,8	9,9	7,5	6,0	5,2
Кизил 2	11,8	12,1	11,9	9,8	7,3	5,9	5,1
Імбир 3	11,8	12,1	11,8	9,6	7,2	5,7	4,8
Калина 4	11,8	12,1	11,7	9,6	7,4	5,6	4,8
Обліпіха 5	11,9	12,1	11,9	9,7	7,4	5,7	4,8

З табл. 1 видно, що зразки, до яких під час процесу кип'ятіння сусла з хмелем було додано імбир і калину, продемонстрували найкращі результати зі зброджування цукрів. Це може свідчити про те, що ці добавки, додані на стадії кип'ятіння сусла, місять мікроелементи, які стимулюють дріжджі та роблять їх більш активними. Ще однією причиною покращення зброджування

сусла дріжджами можна вважати кращу коагуляцію білка (табл. 2). Це, у свою чергу, викликано підвищеним вмістом поліфенольних речовин, що мають властивості утворювати нерозчинні комплекси з білковими речовинами і зумовлюють краще осідання зависей пива, які при їх недостатньому вилученні в подальших технологічних стадіях зменшують бродильну активність дріжджів [10; 17].

Зразок, до якого було додано кизил, також продемонстрував кращий результат, ніж контрольний зразок, проте різниця була несуттєва.

Для порівняння в цифровому виразі можна сказати, що контрольний зразок було збродено на 55,0%; пиво з кизилом — на 57,1%; зразки пива з імбиром та калиною — на 60,3%. Різниця між контролем і зразком з кизилом склала 5,3%. Обліпиху зняли з експериментів через велику кількість завислих речовин.

Наступним етапом дослідження було порівняння кількості високомолекулярного азоту після стадії кип'ятіння сусла з хмелем. Для цього використовували ті самі зразки, що і в попередньому експерименті.

Результати дослідження впливу антиоксидантів на процес коагуляції високомолекулярних білків при кип'ятінні сусла, які наведені у табл. 2, свідчать про те, що додавання нетрадиційної сировини разом із хмелем сприяє коагуляції білків у пивному суслі. Оцінюючи дані, отримані під час досліджень, можна зробити висновок, що найкраще зменшенню кількості загального азоту після кип'ятіння сприяє внесення під час кип'ятіння ягід калини. Результат зменшення кількості високомолекулярного білка у вихідному зразку без додавання хмелю виявився найгіршим.

Таблиця 2. Вміст загального азоту у зразках при використанні досліджуваної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантів

Зразок	Таніновий показник	Вміст коагулюючого азоту мг/100 дм ³
Вихідне сусло	0,438	16,1
1	0,366	15,2
2	0,344	14,1
3	0,351	14,4
4	0,335	13,7

На наступному етапі дослідження порівнювали фізико-хімічні показники якості готового пива з добавками антиоксидантів і контрольного зразка. Ці дослідження були проведені на 21 добу дозрівання пива. Отримані дані за основними показниками наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники якості пива з добавками різних антиоксидантів

Зразок	Вміст дійсного екстракту, %	Вміст спирту, %	Колірність, см ³ 0,1н I2 на 100 см ³	pH	Кислотність, см ³ 0,1н NaOH на 100 см ³	Таніновий показник
1	4,8	3,7	0,40	4,4	1,8	0,355
2	4,7	3,8	0,41	4,46	1,8	0,335
3	4,5	3,8	0,40	4,46	1,8	0,342
4	4,4	3,9	0,41	4,42	1,9	0,321

Встановлено, що кращим зразком є пиво, стабілізоване шляхом добавки калини. Цей зразок пива має найнижчий таніновий показник, що вказує на найменшу кількість білків, здатних до утворення помутнінь у ньому в процесі зберігання.

Висновки

Досліджено можливість використання плодів кизилу та калини, а також коріння імбиру. Визначено, що додавання імбиру і калини під час технологічної операції кип'ятіння сусла з хмелем продемонстрували найкращі показники стійкості (за таніновим показником) і якості готового пива. Отже, додавання нетрадиційної сировини є найбільш доцільним на стадії приготування сусла.

Виходячи з аналізу наявних науково-технічних джерел інформації, а також проведених експериментальних досліджень сформульовано такі висновки:

- доведено ефективність застосування антиоксидантів (АО) з вибраної рослинної сировини для запобігання небажаних процесів окиснення пива під час його зберігання;

- виявлено, що більш стійкими до зміни своїх окислювально-відновних властивостей і скисання є зразки, до яких було додано калину. Всі зразки, в які було додано нетрадиційну рослинну сировину з підвищеним вмістом антиоксидантів, продемонстрували кращу стійкість до скисання. Це доводить доцільність використання цієї сировини для підвищення терміну зберігання пива;

- Встановлено, що додавання нетрадиційної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантів і дубильних речовин позитивно впливає на таніновий показник у готовому пиві. У зразках, в які було додано досліджувану сировину, спостерігалось зменшення цього показника, що, у свою чергу, вказує на зменшення високомолекулярних білкових речовин у пиві, які виступають компонентами колоїдних помутнінь.

Література

1. Антиоксиданты из растительного сырья в технологии стабилизации пива / Данилова Л. А. и др. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2013. № 1. С. 23—26.
2. Біологічна хімія: підручник / Л. Ф. Павлоцька, та ін.. Суми: Університетська книга, 2011. 510 с.
3. Поживні властивості кизилу: URL. <https://healthday.in.ua/travi/kizil> (дата звернення 11.10.2019).
4. Меледина Т. В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. СПб.: Изд-во «Профессия», 200. 304 с.
5. Витковский В. Л. Плодовые растения мира. СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2003. 592 с.
6. Меледина Т. В., Дедегкаев А. Т. Коллоидная стойкость пива: учебн. пособие, СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. С. 90.
7. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: пер. з нем. СПб.: Профессия, 2009. 1100 с.
8. Пиво. Загальні технічні умови: ДСТУ 3888-15. [Чинний від 2015-1-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2015. 13 с. (Національний стандарт України).

9. Кошова В. М., Мукоїд Р. М., Коберніцька А. О. Дослідження впливу використання порошкоподібного цикорію в пивоварінні: *Engineering Studies, Taylor & Francis*. 2018. Issue 3 (2), Volume 10. P. 812—830.
10. Optimization of main fermentation of high-gravity wort / Ruslana Kosiv, Tetiana Kharandiuk, Lyubov Polyuzhyn, Liubov Palianytsia, Natalia Berezhovska: *Chemistry & Chemical Technology*. 2016. Volume 10, number 3. P. 349—353.
11. Харандюк Т. В., Косів Р. Б., Борух О. М., Далибожик Р. С. Зниження вмісту віцинальних дікетонів при зброджуванні високогустинного сусла. *Науковий вісник ЛНУВМБТ*. 2017. Volume 10. P. 149—152.
12. Sitia R., Braakman I. Quality control in the endoplasmic reticulum protein factory. *Nature*. 2003, 426(6968): 891—894. doi: 10.1038/nature02262.
13. Закон «О чистоте пива». URL: http://www.pivnovbar.ru/page/show/zakon_o_chi_stote_piva.htm. (дата звернення 10.09.2019).
14. Kretova Y. I. Prospects for the use of unconventional raw materials in brewing technology: domestic and foreign experience. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*. 2017. Vol. 5, No. 4, P. 12—18.
15. Mussche R. Proceedings of 21 st. Convention. Inst. Brew. N. Zealand-Australia, 1990. P. 136—140.
16. Steenackers B., De Cooman L., De Vos D. Chemical transformations of characteristic hop secondary metabolites in relation to beer properties and the brewing process: a review. *Food Chem*. 2015; 172: 742—756.
17. Bamforth C. W., Muller R. E., Walker M. D. Oxygen and Oxygen Radicals in Malting and Brewing: A Review. *J. A. Soc. Brew. Chem*. 1993. № 51. P. 79—88.
18. Mikyška A., Hrabak M. The role of malt and hop polyphenols in beerquality, flavour and haze stability. *J. Inst. Brew*. 2002. P. 78—85.

TECHNOLOGICAL MODES OF CRUCIFERAE OIL SEEDS
PRESSING

Y. Shemanska, N. Machyn

National University of Food Technologies

Key words:

*Cold pressing
Camelina oil
Rape oil
Fatty acid composition
Tocopherols
Phytosterols
Polyunsaturated fatty
acids*

Article history:

Received 12.12.2019
Received in revised form
23.12.2019
Accepted 15.01.2020

Corresponding author:

Y. Shemanska
E-mail:
shemanska@ukr.net

ABSTRACT

Relative analysis of quality parameters of camelina and rape oils, obtained in laboratory conditions by cold and hot pressing have been made in this work. The composition of fatty acids, the content of tocopherol isomers and the fractional composition of phytosterols of cold pressed oils were investigated.

Quality indicators of oils were determined by standard methods. The fatty acid composition was analyzed by gas chromatography. The determination of the composition of tocopherols was carried out by the method of high-performance liquid chromatography of the unsaponified lipid fraction. The composition of the sterol fraction was determined by gas chromatography.

It was shown, that cold pressing oils have better organoleptic characteristics and lower values of color, acid and peroxide indicators. The predominant content of the ω -9 and ω -3 classes and the low content of the ω -6 fatty acids were determined. The content of erucic acid responds to the food requirements and its amount was 0.8% in rapeseed oil and 2.7% in camelina oil. Cruciferous oils have a high content of tocopherols (59.6...98.7 mg %), among which α -tocopherol and β -tocopherol isomers dominate, which have pronounced vitamin and antioxidant properties. The major fraction of phytosterols in the studied oils is β -sitosterol, which is a cholesterol antagonist and its main role is to lower the concentration of low density lipoproteins in blood. Favorable ratio of ω -3: ω -6 polyunsaturated fatty acids, considerable content of tocopherols and phytosterols indicate high biological value of oils from modern rape varieties. Therefore, it is appropriate to use cold pressed camelina and rapeseed oils to obtain food products with a balanced fatty acid composition and to enrich nutrition of the population with essential fatty acids and biologically active substances.

ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕЖИМИ ПРЕСУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР РОДИНИ ХРЕСТОЦВІТИХ

Є. І. Шеманська, Н. В. Мачин

Національний університет харчових технологій

У статті проведено порівняльний аналіз технологій і показників якості рижівської і ріпакової олій, які були одержані в лабораторних умовах методом холодного та гарячого пресування. Досліджено жирнокислотний склад, вміст ізомерів токоферолів і фракційний склад фітостеролів олій холодного пресування.

Показники якості олій визначали за стандартними методами. Склад жирних кислот досліджували за допомогою методу газової хроматографії. Визначення складу ізомерів токоферолів здійснювали методом вискоефективної рідинної хроматографії неомиленої фракції ліпідів. Визначення складу стеролової фракції проводили газохроматографічним методом.

Виявлено, що олії холодного пресування мають кращі органолептичні показники та нижчі значення колірнього, кислотного і пероксидного чисел. Встановлено переважаючий вміст в оліях жирних кислот класів ω -9 та ω -3 та невисокий вміст жирних кислот класу ω -6. Вміст ерукової кислоти відповідає вимогам для харчових продуктів і становить 0,8% у ріпаковій олії та 2,7% — у рижівській олії. Олії родини хрестоцвітих мають підвищений вміст токоферолів (59,6...98,7 мг %), серед ізомерів переважають α -токоферол та β -токоферол, які володіють вираженими вітамінними й антиоксидантними властивостями. Основною фракцією фітостеролів у досліджуваних оліях є β -ситостерол, який є антагоністом холестерину та знижує концентрацію ліпопротеїдів низької щільності в крові. Сприятливе співвідношення ω -3: ω -6 поліненасичених жирних кислот та значний вміст токоферолів і фітостеролів свідчить про високу біологічну цінність олій. Отже, доцільним є використання олій рижію та ріпаку холодного пресування для отримання харчових продуктів збалансованого жирнокислотного складу та збагачення харчового раціону населення есенціальними жирними кислотами і біологічно активними речовинами.

Ключові слова: холодне пресування, рижівська олія, ріпакова олія, жирнокислотний склад, токофероли, фітостероли, поліненасичені жирні кислоти.

Постановка проблеми. Дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених показали, що при оцінюванні харчової цінності жирів поряд зі співвідношенням насичених, моно- і поліненасичених жирних кислот необхідно також враховувати баланс поліненасичених жирних кислот класів ω -6 (лінолева, γ -ліноленова, арахідонова) і ω -3 (α -ліноленова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова) [1].

Жирні кислоти ω -6 і ω -3 конкурують за метаболізацію ферментними системами і можуть заміщувати одна одну. Це пов'язано з тим, що при одночасному надходженні в організм виникають конкурентні взаємовідносини в метаболізмі

цих кислот, що впливає на синтез арахідонової кислоти, надлишок якої в організмі спричиняє серію небезпечних процесів [2].

У більшості опублікованих праць, які стосуються збагачення харчового раціону ω -3 поліненасиченими жирними кислотами, досліджується вплив споживання жирної риби для профілактики серцево-судинних захворювань. Суттєво менша увага в дослідженнях приділяється використанню рослинних олій з високим вмістом ω -3 жирних кислот для оптимізації харчового раціону. Це особливо актуально для населення з невисоким споживанням рибних продуктів

Риб'ячий жир є незамінним джерелом ейкозапентаєнової та докозагексаєнової ω -3 кислот, але він відноситься до лікарських препаратів і має ряд протипоказань та певні заходи безпеки при застосуванні (можливість передозування вітамінів А і Д, контроль параметрів системи згортання крові).

Важливим аргументом на користь рослинних олій є їхня безпечність, оскільки вони містять α -ліноленову ω -3 кислоту, яка є попередником, необхідним для метаболізму організму і може накопичуватися в організмі та витратитися за потребою [3].

На підставі клінічних та експериментальних досліджень вчених рекомендоване співвідношення кислот ω -3: ω -6 складає від 1:4 до 1:2 [4]. Тому доцільним є введення у склад харчових раціонів рослинних олій, які забезпечать необхідний фізіологічним потребам організму баланс есенціальних кислот ω -3 та ω -6.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відповідно до статистики світового виробництва ринок рослинних олій з кожним роком зростає. У структурі світового виробництва пальмова олія займає найбільшу частку — 35%. На другому місці знаходиться соєва — 29%, далі ріпакова — 15%, і лише на четвертому місці звична нам соняшникова олія — 9%. Але, крім вищенаведених основних видів, у світі щорічно переробляється ще близько 10 млн т іншої олійної сировини [5].

Представниками родини хрестоцвітих серед олійних культур є ріпак, гірчиця, суріпиця, рижій, індау, крамбе. Ці культури мають спільні ботанічні особливості та хімічний склад. Особливістю культур родини Хрестоцвітих є наявність у жирнокислотному складу есенціальної ліноленової кислоти, що належить до класу ω -3.

Таксономічною ознакою всієї родини є наявність таких небажаних речовин, як ерукова кислота в жирнокислотному складі олії, тіоглюкозинолати — в гелевій частині та пігменти — у насінневій оболонці [6]. Ці речовини ускладнюють технологію переробки насіння та використання продуктів у кормових і харчових цілях. Частково ці проблеми вирішуються шляхом селекційного виведення нових низько ерукових, низько тіоглюкозинолатних сортів, частково — шляхом використання різних технологічних операцій.

Насіння родини хрестоцвітих також є джерелом кормового білка з добре збалансованим складом незамінних амінокислот. Існує думка про нераціональність використання макухи та шроту лише на потреби тваринництва, оскільки знежирені шроти є вагомим резервом для отримання харчових білків, які відносяться до харчових добавок, що можуть використовуватися білкові збага-

чувачі продуктів харчування. Крім того, макуха є цінним добривом, тому що містить значну кількість фосфорної кислоти (3...4% маси золи) [7].

В Україні вирощується багато олійних культур, але великі олійноекстракційні підприємства зосереджені в основному на виробництві соняшникової олії, яка не має оптимального складу поліненасичених жирних кислот. У загальному обсязі виробництва нетрадиційні олії, отримані методом холодного віджиму, практично не помітні. Водночас олії холодного пресування дуже цінуються серед людей, що піклуються про своє здоров'я.

Застосування технології холодного пресування також позитивно впливає на якість макухи. Макуха, як відомо, найцінніший компонент у комбікормовій промисловості, харчова цінність якої визначається великим вмістом білка (до 37%) і залишкового жиру (до 12%). При холодному пресуванні білок не є термічно модифікованим, отже, не втрачає своїх корисних властивостей, а всі корисні для тварин речовини залишаються в незмінному стані. Цього не можна сказати про макуху, яка отримана в результаті гарячого пресування. Адаже при гарячому пресуванні втрачається до 15% цінних для споживача якостей макухи.

Метою дослідження є створення високоефективного способу вилучення олії із застосуванням шнекового пресу методом холодного пресування за температури, що не перевищує 40°C, та забезпечення високого виходу олії з одночасним покращенням якості олії.

Викладення основних результатів дослідження. Максимальний тиск, що розвивається шнековими пресами, досягає 30 МПа, ступінь ущільнення зростає в 2,8...4,4 рази, тривалість перебування сировини в шнековому каналі під тиском залежить від типу преса і коливається в межах від 78...225 с і, відповідно, температура олії та макухи в процесі пресування підвищується на 20...35°C та залежно від олійності культури може досягати 60...90°C на виході з преса. Використання сировини нерозігрітої сировини, низькі температури процесу значно ускладнюють роботу шнекового преса, ефективність пресування та знижують вихід олії.

Поставлене завдання вирішується так: насіння олійних культур для забезпечення низькотемпературного вилучення олії попередньо охолоджують при температурі -10°C з подальшим пресуванням на шнековому пресі при температурі не вище 30...40°C на виході з пресу.

Через попереднє охолодження олійної сировини температура під час пресування не зростає, не відбувається локального перегріву і підгоряння сировини, температура процесу в шнековому каналі вирівнюється і, відповідно, не відбувається термічний вплив на олію та макуху, що надає можливість використовувати більш низькі температури пресування при високій ефективності вилучення олії та в результаті отримувати олію, яка має високі якісні показники, окиснювальну стабільність і біологічну цінність.

Для дослідження технологічних режимів пресування використовували очищене насіння ріпаку та рижію, отримана пресою олія не потребувала додаткової очистки, окрім відстоювання й фільтрування.

Технологічні режими пресування олійних культур наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Технологічні режими пресування олійного насіння

Вид олійного насіння	Олійність насіння, %	Температура на виході макухи з пресу, °С	Вихід олії, %	Олійність макухи, %
Однократне пресування холодним способом				
Рижій	40,1	30—40	30,48	18,9
Ріпак	47,9	30—40	36,98	21,4
Однократне пресування гарячим способом				
Рижій	40,1	100—110	34,22	15,6
Ріпак	47,9	80—100	39,55	17,3

Метод холодного пресування дає змогу зберегти в олії нестійкі до високих температур виключно корисні речовини — вітаміни (токофероли та каротиноїди) та значну кількість фосфоліпідів, які захищають олію від перебігу процесів окиснення. Вихід такої олії нижчий, ніж при застосуванні методу гарячого пресування, але вартість компенсується кращими показниками якості, високою фізіологічною цінністю та корисністю продукту.

Основною метою переробки олійного насіння за технологією гарячого пресування було вилучення максимально можливої кількості олії. При пресуванні гарячим способом насіння перед пресуванням прогрівали у сушильній шафі до 100°С. Нагрівання насіння полегшує віджим олії, тому в технології гарячого пресування досягаються більш високі показники виходу олії. Така технологія є ідеальною для великих об'ємів переробки олійних культур, а також там, де є джерело дешевої пари.

Після відстоювання та фільтрування були дослідженні основні показники складу і якості отриманих пресових олій (табл. 2).

Таблиця 2. Органолептичні та фізико-хімічні показники олій

Назва показника	Характеристика			
	Холодним пресуванням		Гарячим пресуванням	
	Ріпакова	Рижієва	Ріпакова	Рижієва
Органолептичні показники	Прозора олія, без стороннього присмаку та запаху		Олія з помутнінням, наявний смажений запах	
Колірне число, мг йоду	40	30	60	50
Кислотне число, мг КОН/г	1,4	1,0	1,7	1,1
Пероксидне число, ½ O ммоль / кг	1,9	1,3	2,8	1,8

При холодному пресуванні воскоподібні речовини не розплавляються, а залишаються в макусі. В олію в найменшій мірі переходять забарвлюючі речовини, цукристі речовини, низькомолекулярні білки та інші компоненти, які надають олії темного забарвлення (колірне число олій холодного пресування 30—40 мг йоду, а гарячого пресування — 50—60 мг йоду).

Отримані методом холодного пресування олії характеризуються низькими пероксидним і кислотними числами та без додаткового очищення й рафінації придатні для споживання в їжу.

Якість олії та напрямки її використання в значному ступені визначаються її жирнокислотним складом, який був визначений методом газової хроматографії [8] та представлений в табл. 3.

Таблиця 3. Жирнокислотний склад рижівської та ріпакової олій

Назва жирної кислоти	Індекс жирної кислоти	Вміст жирної кислоти, %	
		Олія з рижію холодного пресування	Олія з ріпаку холодного пресування
пальмітинова	C _{16:0}	5,75	4,53
стеаринова	C _{18:0}	2,40	1,60
олеїнова	C _{18:1} ω-9	15,99	58,99
петрозелинова	C _{18:1n11}	0,90	3,72
лінолева	C _{18:2} ω-6	19,26	18,68
α-ліноленова	C _{18:3} ω-3	33,85	9,13
γ-ліноленова	C _{18:3} ω-6	0,13	—
арахінова	C _{20:0}	1,26	0,48
гондоїнова	C _{20:1} ω-9	14,12	1,46
ейкозадієнова	C _{20:2} ω-6	1,76	—
ейкозатрієнова	C _{20:3} ω-6	1,16	—
бегенова	C _{22:0}	0,28	0,23
ерукова	C _{22:1}	2,69	0,77
Співвідношення ω-3:ω-6		1:0,65	1:2,04
Співвідношення НЖК:МНЖК:ПНЖК		10:34:56	7:65:28

Відповідно до даних, наведених у табл. 3, жирнокислотний склад рижівської та ріпакової олій представлений переважним вмістом поліненасичених і мононенасичених жирних кислот. За вмістом ерукової кислоти досліджувані олії відповідають вимогам для харчових рослинних олій у разі промислової переробки (вміст не більше 5%). Ця кислота не утилізується ферментною системою ссавців і має тенденцію затримувати ріст і досягнення репродуктивної зрілості організму.

Слід відмітити у досліджуваних оліях невисокий вміст лінолевої кислоти (18—19%), яка відноситься до класу ω-6 кислот, що, відповідно, обмежує джерело синтезу арахідонової кислоти та є сприятливим фактором для ефективної метаболізації ω-3 поліненасичених жирних кислот. Характерною ознакою олії з рижію є високий вміст α-ліноленової (33,8%) та гондоїнової (14,1%) (цис-11-ейкозенової) кислот і, відповідно, сприятливе співвідношення ω-3:ω-6:ω-9 кислот — 1:0,6:0,9.

Основними жирними кислотами у складі ріпакової олії є мононенасичені, що позитивно впливає на тривалий термін зберігання цієї олії. Також оптимальним є співвідношення ω-3:ω-6:ω-9 кислот — 1:2:6, що свідчить про високу біологічну цінність олії сучасних сортів ріпаку.

Харчова цінність і біологічні властивості рослинних олій не обмежуються лише жирнокислотним складом. Велике значення має вміст в олії супутніх речовин, серед яких особлива роль належить антиоксидантам — токоферолам і каротиноїдам, які не лише захищають олію від окиснювального псування, але й є природними джерелами надходження в організм вітамінів Е та А. Це визначило

вибір для подальшого дослідження в зразках таких біологічно активних речовин, як токофероли.

Рівень та ізомерний склад токоферолів визначає стійкість рослинної олії до окиснення. Токофероли являють собою високомолекулярні циклічні спирти, у жировій частині насіння і плодів знайдено чотири їх фракції — α , β , δ , γ [9]. Загальний вміст токоферолів ще не є показником вітамінної цінності олій. За біологічною дією токофероли поділяються на речовини вітамінної та антиоксидантної активності. Найбільшу вітамінну активність має α -токоферол, який переважає в соняшниковій олії. Але він не має антиоксидантних властивостей і тому α -токоферол може бути окиснювачем внутрішньоклітинних ліпідів, а також всього організму. Антиоксидантами є β -, γ - та особливо δ -токофероли.

Вміст біологічно активних речовин у дослідних оліях наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Вміст біологічно активних речовин у пресових оліях

Зразок олії	Загальний вміст токоферолів, мг %	Ізомери токоферолів, % від загального вмісту		
		α	β	$\gamma+\delta$
Рижієва	98,7	63	32	5
Ріпакова	59,6	27	73	-

Дослідження вмісту токоферолів в оліях холодного пресування проводили методом рідинної хроматографії [9]. Виявили, що загальний вміст токоферолів в олії рижію складає 98,7 мг %, а в олії ріпаку — 59,6 мг %. Особливістю цих олій є значний вміст в них β -токоферолу (32—73% загального вмісту токоферолів), який характеризується вираженими антиоксидантними властивостями.

Результати аналізу вмісту фракції фітостеролів олій, який був досліджений газохроматографічним методом [10], наведено в табл. 5.

Фітостероли в рослинах виконують у мембранах клітин ті ж функції, що й холестерол у тваринних клітинах. Унаслідок близької хімічної будови з холестеролом, фітостероли легко приєднуються і блокують рецептори холестеролу, таким чином знижують всмоктування в кишківнику екзогенного холестеролу, що надійшов з їжею, й ендогенного холестерину, що потрапив із жовчю, та стимулюють його виведення з організму.

Отже, при вживанні фітостеролів знижується концентрація загального холестерину і ліпопротеїдів низької щільності в крові, а регулярне вживання їжі, багатой фітостеролами, може зупинити атеросклеротичний процес [11].

Таблиця 5. Визначення фракційного складу фітостеролів рижієвої та ріпакової олій холодного пресування

Фракції стеролів	Рижієва олія, % від загального вмісту	Ріпакова олія, % від загального вмісту
брасікастерол	4,323	11,501
кампастерол	24,466	32,242
d7-кампастерол	—	0,196
стигмастерол	1,448	0,336
β -ситостерол	58,453	52,133
d5-авастерол	5,793	2,606
d7-стигмастерол	—	0,630

Відповідно до табл. 5 основною фракцією стеролів у досліджуваних зразках олій є β -ситостерол — інгібітором 5- α редуктази, ферменту, що каталізує реакцію тестостерол \rightarrow дигідротестостерол, запобігає зв'язуванню дигідротестостеролу зі специфічними рецепторами та сприяє його прискореному розпаду, тобто має антиандрогенну дію та сприяє нормалізації гормонального балансу.

Висновки

Порівняльний аналіз показників якості та складу дослідних олій засвідчив, що при холодному пресуванні олії мають кращу стабільність до окиснення, характеризуються низьким вмістом забарвлюючих речовин і продуктів окиснення. За даними жирнокислотного складу, олії мають сприятливий баланс ω -3: ω -6 есенціальних жирних кислот і мінорний вміст ерукової кислоти. Значний вміст токоферолів, каротиноїдів і фітостеролів свідчить про високу фізіологічну цінність даних олій. Отже, доцільним є використання олій родини Хрестоцвітих для отримання харчових продуктів збалансованого жирнокислотного складу та збагачення харчового раціону населення есенціальними жирними кислотами і біологічно активними речовинами.

Література

1. Joldosh M., Radzievska I. Modeling composition of the mixed oils by blending. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2014. Vol. 2, Issue 1. P. 22—28.
2. Рослинні олії як джерела функціональних інгредієнтів / Кобець О. С. та ін. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Том 22, № 2. С. 204—212.
3. New vegetable oil blends to ensure high biological value and oxidative stability / Nosenko T. [and oth.] *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 5/6 (89). P. 42—47.
4. Шеманська Є. І. Шляхи збагачення харчового раціону людини есенціальними жирними кислотами. *Харчова промисловість*. 2016. № 20. С. 80—85.
5. Давыдова Р. Основные коммерческие и некоммерческие растительные масла. *Продукты & ингредиенты*. 2014. № 2. С. 22—23.
6. Пешук Л. В. Носенко Т. Т. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини: навч. посіб. Київ, 2011. 296 с.
7. Москва І.С. Стан і перспективи вирощування рижію ярого на півдні степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. Вип. 1. С. 99—109.
8. ДСТУ 5508-2001 (ISO 5508:1990, IDT). Жиры и масла животные и растительные. Анализ методом газовой хроматографии метиловых эфиров жирных кислот [Чинний від 2001-12-28]. Київ, 2002. 14 с.
9. Природные антиоксиданты пищевых продуктов / М. О. Полумбрик [и др.]. Минск, 2017. С. 158.
10. ДСТУ ISO 9936:2004 (ISO 9936:1997, IDT) Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту токоферолів і токотриенолів методом рідинної хроматографії високороздільної здатності [Чинний від 2006-01-01]. Київ, 2005. 8 с.
11. ДСТУ ISO 6799-2002 (ISO 6799:1991, IDT). Жири та олії тваринні і рослинні. Визначання складу стеринової фракції. Газохроматографічний метод [Чинний від 2002-09-10]. Київ, 2003. 8 с.
12. Дослідження споживчих властивостей ріпакової олії / Носенко Т. Т. [та ін.] *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 2. С. 130—136.

УДК 637.5

ADVANTAGES OF THE USE OF PROTEIN-FAT EMULSIONS IN THE TECHNOLOGY OF RESTRUCTURED HAM PRODUCTS

V. Zhuk, I. Shevchenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Protein
Fat
Emulsion
Stability
Ingredients
Mixtures*

Article history:

Received 11.12.2019
Received in revised form
23.12.2019
Accepted 14.01.2020

Corresponding author:

V. Zhuk
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Creation of new healthy and prophylactic food products, the consumption of which allows to increase the protective function of the body and to normalize the human nutritional status, is a promising direction in the field of development of functional products.

Scientific achievements in biological chemistry, physiology, nutrition, vitamins at the present level of development allow to establish and substantiate the physiological needs of every person in nutrients depending on age, profession, sex, climatic characteristics and other factors.

Considering the prospect of the chosen direction, the purpose of the research was to develop the composition and improve the technology of restructured ham products with high nutritional and biological value, by balancing their amino acid and fatty acid compositions. The use of protein-fat emulsion (PFE) as a part of restructured ham products is aimed at influencing the functional and technological properties of meat raw materials and enriching the product with essential amino acids and polyunsaturated fatty acids.

In order to create health-improving food products with high nutritional and biological value, a recipe composition of restructured turkey meat products was developed with the use of PFE, which allowed to increase the functional and technological properties of meat raw materials and balance amino and fatty acid products. It is recommended to use the Vepro 75 PSC blood plasma proteins, sodium casein and buttermilk in the ratio of 1:1:0.5. A mixture of turkey and pig fat in the amount of 67% and 33% respectively is selected as a fat component. Due to the emulsifying properties of the selected components of the PFE, the effectiveness of its influence on the quality indicators of ham products has been proved. Organoleptic evaluation of the developed products was carried out.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-27

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВО-ЖИРОВИХ ЕМУЛЬСІЙ У ТЕХНОЛОГІЇ РЕСТРУКТУРОВАНИХ ШИНКОВИХ ВИРОБІВ

В. О. Жук, І. І. Шевченко

Національний університет харчових технологій

Створення нових оздоровчо-профілактичних харчових продуктів, споживання яких підвищує захисні функції організму та нормалізує харчовий статус людини, є перспективним напрямком у галузі розробки продуктів функціонального призначення.

Наукові досягнення біологічної хімії, фізіології, гігієни харчування, вітамінології на сучасному рівні розвитку дають змогу встановити та обґрунтувати фізіологічні потреби людини у харчових речовинах залежно від віку, професії, статі, кліматичних особливостей та інших факторів.

У статті розроблено склад та удосконалено технології реструктурованих шинкових виробів з підвищеною харчовою і біологічною цінністю шляхом збалансування їхнього амінокислотного та жирнокислотного складу. Використання білково-жирової емульсії (БЖЕ) у складі реструктурованих шинкових виробів надає можливість спрямовано впливати на функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини та збагатити продукт незамінними амінокислотами й поліненасиченими жирними кислотами.

З метою створення оздоровчо-профілактичних харчових продуктів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю розроблено рецептурний склад реструктурованих шинкових виробів з м'яса індика з використанням БЖЕ, що покращує функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини та збалансовує аміно- та жирнокислотний склад шинкових виробів. Рекомендовано в складі БЖЕ використовувати білки плазми крові Verpro 75 PSC, казеїнату натрію та маслянки (пахта) у співвідношенні як 1:1:0,5. Як жирову складову обрано суміш індичого та свинячого жирів у кількості 67% і 33% відповідно. Завдяки емульгуючим властивостям підібраних компонентів БЖЕ доведено ефективність її впливу на якісні показники шинкових виробів. Проведено органолептичну оцінку розроблених продуктів.

Ключові слова: білок, жир, емульсія, стабільність, інгредієнти, суміші.

Постановка проблеми. Нестача білків у харчуванні викликає серйозні порушення в організмі людини. У дітей уповільнюється зростання та розвиток, у дорослих виникають глибокі зміни в печінці (жирова інфільтрація). А при тривалій нестачі білків — навіть цироз печінки, порушення діяльності залоз внутрішньої секреції, зміна білкового складу крові, зниження стійкості організму до інфекційних захворювань, а також погіршується розумова діяльність. Поряд з цим встановлено, що надлишкове надходження білків несприятливо відображається на функціонуванні багатьох органів та систем

організму, адже відбувається перенавантаження ферментної системи і в крові накопичуються продукти неповного метаболізму, підвищується кількість сечовини, вільних амінокислот тощо [1—3].

Важливе значення для забезпечення синтезу білка в організмі має співвідношення амінокислот у харчовому продукті та раціоні (амінокислотна формула) незамінних амінокислот. За одиницю у цьому співвідношенні приймають триптофан; кількість інших незамінних амінокислот повинна бути у 3—4 рази більше. Це настільки важливий фактор, що при певних захворюваннях спеціально приймають суміші вільних амінокислот або їх суміші у вигляді гідролізатів природної сировини, наприклад, в ентеральному або парентеральному харчуванні. Природно, що спеціальне збагачення м'ясних продуктів, що, зазвичай, вміщують 15...20% білка, навіть деякими амінокислотами, дає змогу позиціонувати їх як лікувально-профілактичні [4—6].

Мета статті: дослідити можливість підвищення харчової та біологічної цінності м'ясних виробів шляхом збагачення їх амінокислотного та жирнокислотного складу.

Матеріали і методи. При визначенні органолептичних, фізико-хімічних показників тваринних жирів та їх сумішей, хімічного складу емульсії та готових продуктів використовували стандартні методи досліджень. Амінокислотний склад білків визначали методом іонообмінної хроматографії на колонках з використанням автоматичного аналізатора амінокислот Т-339 М. Жирнокислотний склад визначали згідно з ДСТУ ISO 5509-2002 «Жири та олії тваринні і рослинні». Визначення жирних кислот здійснювали на газовому хроматографі виробництва Hewlett-Packard HP6890 із полум'яно-іонізаційним детектором, інжектор S/S з виділенням потоків, колонка Sp2380, довжина 100 м, внутрішній діаметр 0,25 мм, товщина покриття 0,2 мкм.

Результати і обговорення. З метою покращення білкового та амінокислотного складу реструктурованих м'ясних виробів методом комп'ютерного моделювання, використовуючи принцип раціонального заміщення білків м'яса ізольованими білками плазми крові та молока, розроблено білкову композицію з білків плазми крові Vergo 75 PSC, казеїнату натрію та маслянки у співвідношенні 1:1:0,5, амінокислотний склад якої наближений до еталону FAO/WHO (табл. 1).

Моделювання властивостей м'ясної сировини шляхом введення до її складу БЖЕ є найбільш раціональним шляхом використання додаткових джерел тваринного білка в складі м'ясних виробів, що підвищує харчову та біологічну цінність м'ясних виробів шляхом збагачення їх амінокислотного та жирнокислотного складу [3; 4; 6].

Відповідно до існуючих медико-біологічних вимог, методом лінійного програмування розраховано склад жирової композиції із суміші індичого та свинячого жирів у кількості 67% і 33% відповідно.

Свинячий жиру містить особливо важливі для організму людини вітаміни, зокрема провітамін А, лінолеву кислоту та набагато більшу кількість незамінних жирних кислот, ніж у значній частині інших твердих жирів, невисокий

вміст холестерину. Жир індичий, порівняно з іншими видами тваринних жирів, містить рекордну кількість вітамінів групи *E*, а також *D*. Проте внесення жирів безпосередньо у фаршеву емульсію не в складі БЖЕ обумовлює появу в готовому продукті таких дефектів консистенції, як мазеподібність, липкість, тому комбінування індичого жиру із свинячим є технологічно обґрунтованим рішенням [3; 7].

Таблиця 1. Порівняльний амінокислотний склад тваринних білків

Назва амінокислот	Амінокислотний склад, г/100г білка					Амінокислотний скор суміші білків, %
	Верго 75 PSC	казеїнат натрію	маслянка (пахта)	суміш білків	FAO/WHO	
Валін	4,1	6,2	4,6	5,0	5,0	100
Ізолейцин	3,4	4,5	3,95	3,9	4,0	98
Лейцин	6,7	7,3	8,35	7,4	7,0	106
Лізин	5,7	7,4	7,1	6,7	5,5	122
Метіонін+цистин	4,6	2,1	2,35	3,02	3,5	86
Треонін	4,2	3,2	4,35	3,9	4,0	96
Триптофан	1,2	1,2	7,95	3,45	1,0	345
Фенілаланін+тирозин	7,0	4,2	8,15	6,45	6,0	108
Сума	36,9	36,1	466,8	39,82	36,0	

Дослідження жирнокислотного складу суміші свинячого та індичого жирів та оцінка її збалансованості показали, що переважаючими жирними кислотами в суміші з насичених жирних кислот є пальмітинова і стеаринова, з мононенасичених — олеїнова, а з поліненасичених — ліолева. Проте цінність жирової складової характеризується не тільки абсолютним вмістом окремих кислот, але і їх співвідношенням. Так, співвідношення суми ненасичених і насичених кислот у ліпідах суміші свинячого та індичого жирів становить 66,42:28,99 проти рекомендованого 70:30 [3; 4; 7].

Розробку раціонального складу БЖЕ здійснювали методом комп'ютерної оптимізації на основі хімічного складу інгредієнтів, що рекомендуються до складу БЖЕ. Як функції цілі було обрано жирутримувальну здатність, яка є критерієм стабільності утримання жиру в м'ясних емульсіях. Результати розрахунку композиційного складу білково-жирової емульсії представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Рецептурний склад білково-жирових емульсій

Найменування компонентів	Вміст складових БЖЕ, %	
	БЖЕ 1(контроль)	БЖЕ 2
Жир свинячий	43	—
Жирова суміш (жир свинячий 33%+жир індичий 67%)	—	44
Вода питна	43	43,5
Шкурка свиняча варена	14	—
Суміш білків: білки плазми крові Верго 75, казеїнат натрію, маслянка	—	2,5
Стабілізатор білковий із індичої шкурки	—	10
Всього	100	100

Не менш важливою складовою можливого використання тваринних білків у складі БЖЕ є їх функціонально-технологічні властивості, що обумовлені кількістю в м'ясній системі міофібрилярних білків, які здатні брати участь у процесах зв'язування вологи та в процесах когезії, співвідношення між загальним вмістом вологи та загальним вмістом білків, а також співвідношенням між білками різних морфологічних груп (міофібрилярні, саркоплазматичні та сполучнотканинні). М'ясна сировина, що містить 16% білка та більше, може бути класифікована як сировина з високими функціонально-технологічними властивостями. І саме м'ясо індика містить 19% білка. Крім того, на функціональні властивості сировини суттєво впливає тип білка, фізико-хімічні показники м'ясної сировини (PSE або DFD), а також кількісне співвідношення між білками різних видів [1—6]. Водночас на підприємствах м'ясопереробної промисловості весь час виникає проблема перероблення м'ясної сировини низької якості, яка пов'язана з використанням на виробництві м'яса після тривалого зберігання, різних класифікаційних груп і сировини з підвищеним вмістом жиру та сполучної тканини і тому використання БЖЕ є ефективним технологічним прийомом, що покращує функціонально-технологічні властивості м'ясних систем з цієї сировини.

З метою обґрунтування варіаційного комбінування м'ясної і жирової складових реструктурованої шинки підвищеної біологічної цінності було розраховано її раціональний рецептурний склад (50% індичого м'яса та 50% свинини напівжирної) та здійснено часткову заміну м'ясної сировини на БЖЕ у кількості 15%, 20% та 25%. Отримані зразки шинок досліджували за фізико-хімічними показниками, структурно-механічними та органолептичними властивостями. Результати досліджень представлені у табл. 3.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники, органолептична оцінка та структурно-механічні властивості зразків реструктурованих шинок

Показники	Контроль	Дослід		
		15% БЖЕ	20% БЖЕ	25% БЖЕ
Масова частка вологи, %	62,07±1,75	63,40±1,75	65,55±1,75	66,32±1,75
Масова частка білка, %	14,24±0,13	15,02±0,09	15,76±0,11	15,60±0,15
Масова частка жиру, %	22,80±0,17	20,71±0,13	17,80±0,17	17,19±0,02
Масова частка мінеральних речовин, %	0,86	0,87	0,89	0,89
Вихід, %	104,60±4,37	121,2±3,25	130,3±2,57	130,4±3,15
Загальна органолептична оцінка, бали	3,9	4,6	4,9	4,8
Гранична напруга зрізу, кПа	211,3±3,33	204,49±2,27	197,8±3,38	192,8±4,42
Зусилля різання поперек волокон, Па · 10 ⁻⁵	1,94±0,12	1,79±0,17	1,72±0,14	1,70±0,15

За результатами органолептичної оцінки, хімічного складу та структурно-механічних досліджень дослідні зразки шинок, що містять 20% БЖЕ, мають кращі показники. Після аналізу отриманих даних і вивчення впливу технологічних факторів на властивості готового продукту в умовах виробництва,

проведено оптимізацію рецептури шинки та вивчено її харчову та біологічну цінність. З метою оцінки біологічної цінності готових виробів досліджено амінокислотний склад білка контрольного і дослідного зразків. Результати аналізу амінокислотного складу наведені у табл. 4.

Таблиця 4. Амінокислотний склад реструктурованих шинкових виробів

Найменування амінокислоти	Еталон (білок курячого яйця), г/100г	Амінокислотний склад контрольного зразка шинки, г/100 г	Амінокислотний склад шинки з 20% БЖЕ, г/100 г
Валін	5,0	4,9	5,1
Ізолейцин	4,0	3,2	3,4
Лейцин	7,0	6,6	6,9
Лізин	5,5	5,5	5,7
Треонін	4,0	3,9	4,0
Триптофан	1,0	0,9	1,1
Фенілаланін	6,0	6,1	6,2
Метіонін+цистин	3,5	3,3	3,5
Сума	36,0	34,4	35,9

Запропонована рецептура реструктурованої шинки підвищує її біологічну цінність за вмістом незамінних амінокислот порівняно з контрольним зразком на 4,2%, порівняно з контрольним зразком. У цілому результати виконаних досліджень і проведена органолептична оцінка свідчать про високу якість зразків шинок, виготовлених за розробленою рецептурою.

Запропонований рецептурний склад реструктурованої шинки в оболонці й технологія її виробництва з використанням БЖЕ вигідно відрізняється від традиційної технології більш раціональним використанням сировини, можливістю ефективно впливати на якість м'ясних продуктів при переробці м'ясної сировини з дефектом PSE, також регулювати біологічну цінність продукту з виходом вище 130%.

Висновки

Отримані результати підтверджують доцільність використання білково-жирової емульсії у кількості 20% як складової, що дає змогу підвищити функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини і збалансувати аміно- та жирнокислотний склад реструктурованих шинкових виробів. Доведено, що найбільш функціональною є білково-жирова емульсія, що містить білки плазми крові Верго 75 PSC, казеїнат натрію та маслянку (пахта) у співвідношенні 1:1:0,5, і суміш індичого та свинячого жирів у співвідношенні 67:33 відповідно. Завдяки емульгуючим властивостям підібраних компонентів білково-жирової емульсії доведено ефективність її впливу на якісні показники шинкових виробів.

Література

1. Жаринов А., Соколова Н. Формы связи влаги в мясе и мясных продуктах. *Вестник Аромарос*. 2004. № 4. С. 37—47.

2. Евдокимова О. В., Гриминова Е. Б., Толкунова Н. Н. Функционально-технологические свойства белковых препаратов. *Известие вузов. Пищевая технология*. 2006. № 2—3. С. 73—74.

3. Рогов И. А. Химия пищи. Кн. 1 (Белки: структура, функции, роль в питании). М.: КолосС, 2007. 853 с.

4. Салаватулина Р. М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве. СПб.: ЗАО Торговый дом Георд, 2005. 236 с.

5. Тартэ Р. Ингредиенты в производстве мясных изделий. Свойства, функциональность, применен. Пер. с англ. СПб: ИД Профессия, 2015. 464 с.

6. Фейнер Г. Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации; пер. с англ. Н. В. Магды. СПб: Профессия, 2010. 720 с.

7. Кишенько І. І., Крижова Ю. П., Жук В. О. Особливості використання білково-жирової емульсії в технології реструктурованих шинок. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2017. № 75, Том 19. С. 97—101.

FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS FOR PEOPLE WITH DIABETES WITH THE USE OF PRODUCTS FROM PROCESSING CARROTS

V. Dorohovych

National University of Food Technologies

Key words:

*Sugar substitutes,
Carrot juice,
Carrot puree,
Vitamin A,
B-carotene*

Article history:

Received 18.12.2019
Received in revised form
10.01.2020
Accepted 25.01.2020

Corresponding author:

V. Dorohovych
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper presents data on the prevalence of diabetes in Ukraine and in the world, substantiates the feasibility of using sugar substitutes and products from processing carrots in the development of flour confectionery products for people with diabetes. The following results of studies are presented: the effect of lactitol and isomaltitol on the foaming capacity of dried egg albumen restored with water and carrot juice; the influence of lactitol, isomaltitol, fructose on the foaming ability of egg yolk-carrot juice mixture. Positive influence of carrot juice on foaming and foam resistance of mixtures of sugar-egg white, sugar-egg yolk was established. In the case of restoration of dried egg white with carrot juice, the foaming ability increases by 85...90%. The obtained data were the basis for the development of technologies of protein-whipped cookies and biscuits using sugar substitutes and carrot juice.

The influence of carrot puree on the structural characteristics of cupcake dough with lactitol and finished products was determined. It was found that carrot puree leads to the increase in the density of the cupcake dough, the decrease in the specific volume of the finished cupcake and increases the duration of baking. The percentage of Vitamin A (calculated from β -carotene) was calculated in the case of consumption of protein-whipped cookies, biscuits and cupcakes. In the case of consumption of 50 g of the developed protein-whipped cookies, the provision in vitamin A is 15%, with the consumption of 100 g of biscuit it is 23.5%, with the consumption of 100 g of cupcakes it is 17.5%. The recommended amount of consumption of protein-whipped cookies, biscuits and cupcakes depends on the amount of sugar substitutes in them.

БОРОШНЯНІ КОНДИТЕРСЬКІ ВИРОБИ ДЛЯ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ МОРКВИ

В. В. Дорохович

Національний університет харчових технологій

У статті наведено дані щодо поширеності цукрового діабету в Україні та світі, обґрунтовано доцільність застосування цукрозамінників і продуктів переробки моркви під час розроблення борошняних кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет. Наведено результати досліджень впливу лактитолу та ізомальтитолу на піноутворювальну здатність сухого яєчного білка, відновленого водою та морквяним соком; лактитолу, ізомальтитолу, фруктози на піноутворювальну здатність суміші яєчний жовток-морквяний сік. Встановлено позитивний вплив морквяного соку на піноутворення та стійкість пін сумішею цукрозамінник-яєчний білок, цукрозамінники-яєчний жовток. У разі відновлення сухого яєчного білка морквяним соком піноутворювальна здатність збільшується на 85...90%. Отримані дані було покладено в основу розроблення технологій білково-збивного печива та бісквітів із застосуванням цукрозамінників та морквяного соку.

Визначено вплив морквяного пюре на структурні характеристики тіста кексів на лактитолі та готових виробів. Встановлено, що морквяне пюре спричиняє збільшення густини кексового тіста, зменшення питомого об'єму готового кексу та збільшує тривалість випікання. Розраховано відсоток забезпечення у вітаміні А (перерахунок з β -каротину) у разі споживання білково-збивного печива, бісквітів і кексів. У разі споживання 50 г розробленого білково-збивного печива забезпечення у вітаміні А дорівнює 15%, у разі споживання 100 г бісквіту — 23,5%, 100 г кексу — 17,5%. Рекомендована кількість споживання білково-збивного печива, бісквітів, кексів обумовлена кількістю в них цукрозамінників.

Ключові слова: цукрозамінники, морквяний сік, морквяне пюре, вітамін А, β -каротин.

Постановка проблеми. На теперішній час в Україні, як і в світі, все більшого розповсюдження набувають неінфекційні хронічні захворювання, серед яких вагоме місце займає цукровий діабет. Міжнародна діабетична федерація (IDF) у 2015 р. опублікувала дані про поширеність цукрового діабету серед населення (табл. 1) [1].

Дієтотерапія має одне з вирішальних значень у комплексному лікуванні хворих на цукровий діабет. Вона має бути адекватною до фізіологічних потреб організму. Кількість легкозасвоюваних вуглеводів повинна бути обмежена при всіх формах цукрового діабету, підвищеній чутливості до інсуліну, інсуліно-резистентних формах захворювання [2].

Таблиця 1. Поширеність цукрового діабету серед населення Землі

Група	Кількість населення	Співвідношення, у %
Все населення Землі	7 млрд	100
Кількість хворих на цукровий діабет I і II типу, у віці від 20 до 79 р.	366 млн	5,23
Кількість хворих на цукровий діабет I і II типу, у віці до 14 р.	490 тис.	0,007
Кількість людей з порушеною толерантністю до глюкози (переддіабетичний стан *), у віці від 20 до 79 р.	280 млн	4,00
Недіагностоване населення	183 млн	2,61
*Згідно зі статистикою від 30 до 50% пацієнтів, що знаходяться в переддіабетичному стані, в подальшому переходять у стадію клінічного діабету.		

У разі розроблення кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет доцільно застосовувати цукрозамінники, наприклад, лактитол та ізомальтитол. Ці цукрозамінники мають низький глікемічний індекс (ізомальтитол — 9%, лактитол — 3%) та відносно низьку калорійність — 2,4 ккал. Солодкість ізомальтитолу — 0,55 SES, лактитолу — 0,37 SES. Потрібно зазначити, що вони мають досить високу толерантність: ізомальтитол — 66 г/добу, лактитол — 54 г/добу. Ізомальтитол і лактитол належать до речовин із пребіотичними властивостями. Встановлено, що ізомальтитол і лактитол не піддаються дії кислотоутворювальних бактерій у ротовій порожнині й тому не спричиняють розвиток карієсу [3]. Внаслідок цього вони є перспективними для застосування в технологіях борошняних кондитерських виробів.

Необхідною умовою нормальної життєдіяльності людини, хворої на цукровий діабет, є відповідна фізіологічній нормі кількість вітамінів і мінеральних речовин. При захворюванні на цукровий діабет дуже часто спостерігається погіршення зору. Внаслідок цього до рецептурного складу харчових продуктів, у т. ч. борошняних кондитерських виробів, для хворих на цукровий діабет доцільно вводити сировину, компоненти (речовини) якої сприяють підтримці зорового апарату. До таких речовин відноситься β-каротин. Морква та продукти її переробки є потужним джерелом β-каротину. Отже, їх доцільно застосовувати у разі розроблення борошняних кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет та осіб, схильних до цього захворювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Овочеві та фруктові пюре знайшли широке застосування при виробництві різних груп БКВ. Введення овочевих добавок сприяє підвищенню кількості харчових волокон, вітамінів і мінеральних речовин. Продукти переробки моркви застосовано під час розроблення різних борошняних кондитерських виробів. У [4] наведені результати дослідження впливу морквяного гідролізованого пюре на структурно-механічні властивості бісквітного тіста для комбінованого здобного печива. Запропоновано застосування морквяного пюре з олією обліпихи в технології печива [5], морквяного пюре і каротиномісного збагачувача «Морквяний мед» [6]. Науковцями [7] запропоновано застосовувати пюре з моркви в кексах у кількості 20% від маси цукру зі зменшенням його рецептурного вмісту. До рецептурного складу розроблених виробів входить цукор білий, що обмежує можливість їх споживання хворими на цукровий діабет. Для хворих на цукровий діабет потрібно розробляти БКВ із застосуванням низькоглікемічних цукрів і цукрозамінників та

збагачувати вироби необхідними для організму нутрієнтами, зокрема β -каротином.

Метою дослідження є визначення впливу лактитолу, ізомальтитолу, морквяного соку та пюре на структурні показники тіста і готових виробів, розроблення білково-збивного печива, бісквітів, кексів із застосуванням зазначених інгредієнтів.

Методи дослідження. Піноутворювальну здатність (ПУЗ) і стійкість піни (СП) визначали за методом Лур'є ПУЗ як відношення об'єму піни до об'єму розчину перед збиванням, виражене у відсотках; СП — як відношення висоти піни після вистоювання до початкової висоти, виражене у відсотках. В'язкість водних розчинів цукрів і цукрозамінників — за допомогою капілярного віскозиметра ВПЖ — 4. Поверхневий натяг визначали за методом каплі, що відривається. Органолептичні показники визначали за 5-бальною шкалою. Питомий об'єм кексів і бісквітів визначали як відношення об'єму, який вони займають, до їх маси. Показник глекемічності розраховували за методикою А. М. Дорохович [8].

Викладення основних результатів досліджень. Зараз на багатьох виробництвах, які спеціалізуються на випуску БКВ, використовують замість яєць сухі яєчні продукти: яєчний порошок, сухий жовток, сухий білок. Низка технологій білково-збивних виробів передбачає застосування сухого яєчного білка, відновленого водою. Вважаємо за доцільне відновлення сухого яєчного білка проводити соками, зокрема морквяним соком.

Застосування морквяного соку дасть змогу збагатити вироби β -каротином і матиме позитивний технологічний ефект. У [9] відзначається позитивний вплив овочевої сировини (капустяних, морквяних, бурякових соків і пюре) на піноутворювальну здатність (ПУЗ) яйцепродуктів.

У попередніх дослідженнях автора встановлено, що найкраща піноутворювальна здатність у разі співвідношення білок:морквяний сік 1:7 та 1:8.

Лактитол та ізомальтитол є цукрозамінниками з дуже низьким глікемічним індексом, що обумовлює доцільність їх застосування.

Було проведено дослідження із встановлення впливу лактитолу та ізомальтитолу на ПУЗ сухого яєчного білка, відновленого водою і морквяним соком за співвідношення 1:7 (рис. 1).

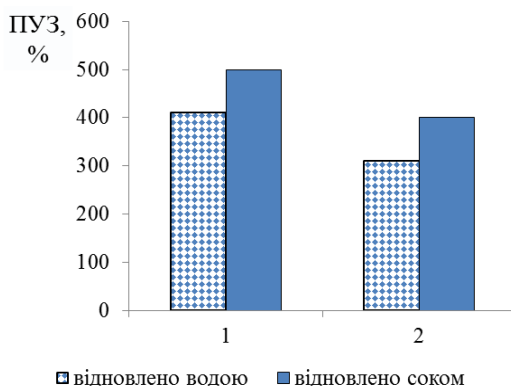


Рис. 1. ПУЗ відновленого сухого яєчного білка за наявності цукрозамінника

Аналіз отриманих даних показує, що відновлення сухого яєчного білка морквяним соком має позитивний вплив на ПУЗ суміші як на основі лактитолу, так і на основі ізомальтитолу. Досліди з визначення стійкості піни показали, що під час вистоювання піни з морквяним соком протягом двох годин не було відзначено істотного руйнування структури. Це можна пояснити тим, що наявність твердих часточок морквяного соку у піні призводить до зменшення синерезису внаслідок звуження каналів, збільшення шорсткості їх стінок і утворення «локальних» заторів із часточок, що не прилипли до пухирців повітря [10].

Визначено, що застосування морквяного соку не має істотного впливу на тривалість сушіння білково-збивного печива.

Частина підприємств виробляють білково-збивні вироби із застосуванням яєць. В цьому випадку може виникати питання щодо використання яєчного жовтка, який отримують після відділення яєчного білка. Вирішенням може бути використання яєчного жовтка сумісно з овочевими соками або пюре в технології інших видів борошняних кондитерських виробів, зокрема в бісквітах і кексах.

Бісквітне тісто відноситься до слабкоструктурованих піноподібних тістових мас. Важливим фактором, що впливає на якість готових бісквітів, є процес піноутворення. Тому доцільно визначити ПУЗ суміші, яка складалася з яєчного жовтка, морквяного соку та фруктози/лактитолу/ізомальтитолу.

Аналіз отриманих даних показав, що ПУЗ суміші на основі яєчного жовтка і морквяного соку практично відповідає ПУЗ сумішей на основі меланжу ~ 300%. Фруктоза, лактитол, ізомальтитол спричиняють зменшення ПУЗ суміші яєчний жовток-морквяний сік (табл. 2).

Таблиця 2. Максимальна ПУЗ і стійкість піни на основі яєчного жовтка, морквяного соку, цукрів і цукрозамінників

Досліджувана суміш яєчний жовток-морквяний сік	Максимальна ПУЗ, %	Стійкість піни (%), через	
		30 хв	90 хв
лактитол	270	98,5	91,5
фруктоза	260	98,0	86,0
ізомальтитол	230	100,0	97,0

Під час проведення досліджень щодо впливу морквяного соку на структурні характеристики бісквітів встановлено, що бісквіти, виготовлені на яєчному жовтку та морквяному соку, мають питомий об'єм на 5...6% більше, ніж бісквіти на меланжі, що є позитивним.

Використання яєчного жовтка та морквяного соку для виготовлення бісквітів зменшує тривалість їх термооброблення на 3...4%. Це може бути пояснено збільшенням кількості вільної води.

Для збагачення β -каротином кексів було застосовано морквяне пюре. Також визначити вплив морквяного пюре на густину кексового тіста, виготовленого на нативному яєчному жовтку та сухому яєчному жовтку. Було виготовлено дві тістові маси. У першій тісто готували за рецептурою кексу «Столичний» (контрольний зразок), у другій — використовували нативний яєчний жовток, відновлений морквяним пюре. Для того, щоб вироби можна було рекомендувати споживати хворим на цукровий діабет, використовували лактитол. Встановлено, що застосування морквяного пюре спричиняє ущільнення структури тіста на 5%

(табл. 3). Це можна пояснити наявністю в морквяному пюре харчових волокон. Тісто для кексів направляють на формування виробів відразу після замішування. На виробництві можуть бути форс-мажорні обставини, що призводять до перебоїв роботи обладнання. Тому було доцільно визначити зміну густини тіста протягом певного часу. Визначено, що збільшення густини контрольного зразка тіста та досліджуваних зразків відбувається на 2...3%.

Таблиця 3. Густина кексового тіста з пюре моркви

Показник		Тістова маса за рецептурою	
		1	2
Густина тіста, г/см ³	після замісу	0,93	0,98
	через 1 годину	0,95	1,01
Питомий об'єм кексу, см ³ /г		1,70	1,67

Встановлено, що використання морквяного пюре збільшує тривалість випікання на 5...6%. Уповільнення процесу випікання можна пояснити тим, що з морквяним пюре вноситься додаткова кількість харчових волокон, які ускладнюють процес передачі тепла та відділення вологи, що пов'язано з ущільненням структури тіста і збільшенням кількості зв'язаної вологи.

Для позиціонування харчових продуктів як оздоровчих, функціональних до їх складу повинно входити від 10 до 50% добової потреби у фізіологічно-функціональних інгредієнтах.

До рецептурного складу розроблених бісквітів і кексів входить ячний жовток, який містить вітамін А. В ячному білку, що застосовується в білково-збивному печиві, вітаміну А немає [11]. З урахуванням β-каротину морквяного пюре і морквяного соку [12], вітаміну А ячного жовтку було проведено розрахунок задоволення добової потреби у вітаміні А (β-каротин перераховано на вітамін А). При цьому було враховано, що під час термооброблення втрачається до 50% вітамінної активності β-каротину.

Враховуючи вміст лактитолу та ізомальту у виробах та безпечну норму їх споживання, можна рекомендувати споживати білково-збивне печиво у кількості 50 г, бісквіти та кекси — у кількості 100 г. У разі споживання 100 г бісквіту забезпечення добової потреби у вітаміні А буде на рівні 23,5%, кексу — 17,5%. Споживання 50 г розробленого білково-збивного печива забезпечить добову потребу у вітаміні А на 15%.

Висновок

Застосування морквяного соку та пюре у білково-збивному печиві, бісквітах, кексах дає змогу позиціонувати їх як вироби дієтично-функціонального призначення. Впровадження у виробництво таких виробів забезпечить розширення асортименту виробів цієї групи.

Література

1. Міжнародна діабетична федерація (IDF). URL: <http://www.idf.org>
2. Астамирова Х., Ахмонов М. Настольная книга диабетика. М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2001. 400с.
3. Дорохович А. М., Кобилінська О. В., Мурзін А. В., Кияниця С. Г. Технологія пастили, зефіру, маршмелоу: навчальний посібник за редакцією Дорохович А. М., К.: фірма «ІНКОС», 2019. 428 с.

4. Кирпиченкова О. М., Оболкіна В. І. Розроблення технології здобного печива з поліпшеними споживчими властивостями. *Харчова промисловість*. Київ НУХТ, 2016. Вип. 19. С. 62—65.
5. Ребезов М. Б., Амирханов К. Ж., Асенова Б. К., Смольникова Ф. Х. Технология и рецептура печенья овсяного «Солнечное». *Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та*. 2013. № 7(105). С. 94—97.
6. Задорожня О. С., Гавриш А. В., Доценко В.Ф. Удосконалення технології пісочного печива, збагаченого каротиновмісною сировиною. *Наукові праці НУХТ*. 2014. Том 20, № 2. С. 214—219
7. Антонюк І., Медведєва А. Технологія кексів підвищеної харчової цінності. URL: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2015_10_20_21/sekcija_4_tekhnichni_nauki/tehnologija_keksi_v_pidvishhennoi_kharchovoi_cinnosti/29-1-0-493. 104.
8. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч. посіб. / за ред. проф. А. М. Дорохович і проф. В. М. Ковбаси. Фірма «ІНКОС», 2015. 632 с.
9. Артемова Е. Н. Пенообразующие и эмульгирующие свойства модельных систем ПАВ пищевых продуктов. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2001. № 4. С. 54—56.
10. Кругляков П. М., Ексерова Д. Р. Пены и пенные пленки. М.: Химия, 1990. 446 с.
11. Химический состав пищевых продуктов: Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов; под ред. проф. И. М. Скурихина и проф. М. Н. Волгарева. [2-е изд., перераб. и доп.]. М.: Агропромиздат, 1987. 360 с.
12. Самсонова Л. Н. Фруктовые и овощные соки. Агропромиздат, 1990. 287 с.

NANOMATERIALS: PROSPECTS OF USE AND RISKS FOR THE BIOSPHERE

V. Fomenko, O. Kronikovskiy

National University of Food Technologies

Key words:

Nanoscale

Sensors

Health

Nanoparticles

Carbon nanostructures

Article history:

Received 03.12.2019

Received in revised form
20.12.2019

Accepted 13.01.2020

Corresponding author:

V. Fomenko

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Since the receipt and identification of a new type of substances and materials called nanoscale, avalanche-like studies have begun on the properties of these materials, as well as methods for their synthesis and use. This complex of actions has led to the emergence of new, unique in quality and sensitivity devices and systems, including high-sensitive sensors of various types, such as chemical, biological, optical, etc. These devices and systems, according to many researchers, can contribute to improving the quality of life of a person through continuous, highly sensitive analysis of his internal environment and the rapid prevention of health problems. However, further information was provided on the possible hazards and unpredictable consequences of the uncontrolled use of nanobots.

This can lead to the destruction and deformation of structures as on particular nanoecological threats, there may be a cellular level, and the failure of many enzyme systems in the body. In addition, there are technological and even social threats. In connection with this, there is a need to reconcile the scientific and technical feasibility of studying nanomaterials and the creation of laws that would put the danger of these studies under public control. Since research is proceeding at a much faster rate than the regulatory constraints in this area, it is important to accelerate the processes of balancing these actions associated with the creation of super-miniaturals of permanently functioning human rights monitoring systems that are dangerous from the point of view of respect for human rights.

To do this, the study of the effects of common nanoparticles, such as some metal oxides, carbon nanostructures, etc., is carried out on various organs and systems of laboratory animals. It is important to study their metabolism, ways of transformation in the organism and distribution in the environment. In addition, before discussing the impact of nanomaterials, it is necessary to familiarize themselves with their current classification and the main sources of their natural and artificial origin, as well as their chemical and toxic properties.

НАНОМАТЕРІАЛИ: ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТА РИЗИКИ ДЛЯ БІОСФЕРИ

В. В. Фоменко, О. І. Кроніковський

Національний університет харчових технологій

З моменту одержання та ідентифікації нового типу речовин і матеріалів, які були названі наноб'єктами, почалися лавиноподібні дослідження як властивостей означених матеріалів, так і способів їх синтезу та використання. Весь цей комплекс дій призвів до появи нових, унікальних за якістю та чутливістю пристроїв і систем, зокрема високочутливих датчиків різних типів, як-от хімічних, біологічних, оптичних тощо. Ці пристрої та системи, на думку багатьох дослідників, можуть сприяти покращенню якості життя людини завдяки безперервному високочутливому аналізу її внутрішнього середовища та швидкої профілактики проблем, що виникають зі здоров'ям.

Однак згодом з'явилися дані про можливі небезпечні та непередбачувані наслідки неконтрольованого використання наноб'єктів через надзвичайну хімічну та біологічну активність наноматеріалів. Це може призводити до руйнування та деформації структур. Зокрема, наноекологічні загрози можуть виникнути на клітинному рівні, при виході з ладу багатьох ферментних систем організму. Також існують технологічні і навіть соціальні загрози, пов'язані зі створенням супермініатюрних постійно діючих систем спостереження за діями людини, що небезпечно з точки зору дотримання прав людини. У зв'язку з цим виникає необхідність узгодити науково-технічну доцільність вивчення наноматеріалів і створення законів, які б поставили під суспільний контроль безпеку цих досліджень. Оскільки дослідження проводяться зі значно більшою швидкістю, ніж регуляторні обмеження в цій сфері, важливо прискорити процеси врівноваження цих дій. Для цього вивчається вплив поширених наноб'єктів, таких як оксиди деяких металів, наноструктур карбону тощо на різні органи та системи лабораторних тварин. Важливо вивчити їх метаболізм, шляхи перетворення в організмі та поширення в навколишньому середовищі. Крім того, перш ніж обговорювати вплив наноматеріалів, необхідно ознайомитись з їх сучасною класифікацією та основними джерелами як природного, так і штучного походження, а також з хімічними й токсичними властивостями.

Ключові слова: наноматеріали, сенсори, здоров'я, наночастинки, нанокарбон.

Постановка проблеми. Зростаюче виробництво та використання нових перспективних матеріалів, знаних як наноматеріали, викликало небувалий розвиток методів їх отримання та дослідження. Галузі використання цих матеріалів поширюються практично на весь спектр сучасних сфер діяльності людини від електроніки до матеріалознавства, від аналітичної хімії до фармації, від хімічної технології до харчових технологій і косметології тощо. Важливе значення має аналіз досягнень і проблем сучасного стану цієї галузі знань. У ході накопичення фактів про наноматеріали виявилось, що поряд з численними корисними власти-

востями вони суттєво впливають на біологічні системи внаслідок їх практично молекулярних розмірів. Нанорозмірні об'єкти за рахунок своїх розмірів і надзвичайно високої реакційної здатності легко проникають у молекулярні структури біосистем багатьма шляхами (через органи дихання, травлення, шкіру). Тому надзвичайно важливе значення мають дослідження впливу наноматеріалів на різні органи та системи організму людини і способи запобігання та захисту цих систем від шкідливої дії вказаних матеріалів. Досі дуже мало досліджень присвячено вивченню впливу наночастинок на здоров'я людини. Попередні дослідження показують, що критично важливо вивчити частку, транспорт і дисперсію наночастинок у навколишньому середовищі. Крім того, існує так звана нанодемократична загроза внаслідок неконтрольованого застосування практично непомітних наносенсорних пристроїв для постійного спостереження за діями особи, що загрожує правам людини.

Мета статті: представлення сучасного огляду широкої гами досліджень технологічного, екологічного та медичного характеру, які стосуються наноматеріалів, методів їх отримання, характеристик і токсикологічного впливу на біосистеми. Огляд базується на аналізі великої кількості актуальних праць провідних світових фахівців у галузі нанотехнологій та наноматеріалів і представляє значний інтерес для фахівців з питань екології, харчових технологій, хімії тощо.

Викладення основних результатів дослідження. Основною особливістю зменшених наномірних об'єктів як датчиків (детекторів) є наявність електронів на поверхні, високе співвідношення поверхня/об'єм та інші фізико-хімічні властивості. Крім того, деякі нанорозмірні об'єкти мають хімічний ефект [1–3], коли їх властивості відрізняються за об'ємом та істотно залежать від геометричних параметрів (розмір, діаметр і довжина). Так, для наночастинок золота розмірами 3–5 нм, наприклад, температура плавлення є значною мірою наслідком ікосаедричної структури нанофази золота (приблизно 400 К) і залежить від кількості атомів у цій нанофазі [4].

Слід зазначити, що нанофаза [1] є зменшеною розмірною частиною її мікро- чи макрофази внаслідок меншого розміру, що демонструє різні фізичні, хімічні й електронні властивості цих фаз. Перехід від макрофази до нанофази є, по суті, новим та унікальним механізмом і вимагає розрахунків на основі теорії коливань щільності (DFT), які не є предметом цього дослідження. В принципі, всі нанорозмірні об'єкти можуть бути за походженням предтавлені таким чином: а) гетерокарбон (гетероатомні молекули та наноструктури); б) наноансамблі, кластери (зв'язки в яких або міжмолекулярні, або донорно-акцепторні), нейтральні (атомні або молекулярні), заряджені (іонні або іонно-молекулярні).

За структурою та морфологією вищезначені групи можна розподілити на такі підгрупи:

- а) 1) тримірні молекули; 2) фулерени; 3) одностінні нанотрубки;
- б) 1) наночастинки; 2) фулереноподібні структури (цибулини) (їх можна назвати 0Д-об'єктами);
- в) 1) наноструктури: багатостінні нанотрубки, дроти, лозини, стрічки, лушпиння (1Д об'єкти); г) наноструктури: графен, графену оксид (2Д об'єкти).

Як видно з представленої класифікації, велика кількість нанорозмірних сенсорів 1D і 2D, зазвичай, класифікується на основі їх здатності відчувати (виявляти) хімічні, біологічні та фізичні характеристики. Принцип дії фізичних наносенсорів заснований, як правило, на зміні електронних властивостей нанорозмірного детектора залежно від ступеня його деформації. Хімічні наносенсиори реагують на зміну електронних властивостей нанорозмірних об'єктів через їхню фізико-хімічну взаємодію з аналізованими реагентами, а біологічні наносенсиори використовують спостереження для біомолекулярних процесів. Трансдукція сигналу від детектора-рецептора може бути здійснена різними методами:

- калориметричним (випромінювання або поглинання тепла);
- потенціометричний (зміна розподілу заряду);
- амперометричний (рух електронів у реакціях окислення або відновлення);
- оптичний (випромінювання або поглинання світла);
- п'єзоелектричний (деформація або натяг).

Ефективні хімічні sensori серед нанорозмірних об'єктів неорганічних (не вуглецевих) речовин належать до ряду наноструктур металевих та оксидних металів [5], таких як:

- нанотрубки: (Pt і Co_3O_4 , Fe_2O_3 , SnO_2 , TiO_2);
- наностержні: (ZnO , MoO_3 , WO_3 та Au);
- нанодропи: (SnO_2 , Si і Pd);
- нанострічки (ZnO , SnO_2 і V_2O_5).

Нанотрубки з таких оксидів, як Co_3O_4 , Fe_2O_3 , SnO_2 , TiO_2 , а також Pt, в основному використовуються в хімічних сенсорах для газів і парів таких речовин, як H_2 , CO , етанол та етиленоксид. Зокрема, H_2 -детектор з нанотрубок Co_3O_4 готують шляхом нанесення покриття нанотрубок Co_3O_4 в етанолі на поверхні керамічних труб [6], а покриття TiO_2 здійснюють нанотрубки, вирощені на титановій плівці під час її анодного окислення [7]. Часто змішані нанотрубки з оксидами металів дають змогу виявляти значно нижчу концентрацію газів з підвищеною чутливістю. Наприклад, датчик з нанотрубок титану, легованих ніобієм (за допомогою анодування сплаву Ti_{35}Nb і відпалу при 450°C), здатний виявляти водень при кімнатній температурі в широкому діапазоні: від надзвичайно розбавленого (50 ppm) до високої концентрації (2% H_2) [8]. Покриття на нанотрубках TiO_2 з 10 нм шару паладію надзвичайно чутливі до впливу водню при кімнатній температурі (24°C). Мікронитки з нанотрубок SnO_2 і наностержні ZnO також використовуються для виявлення слідових кількостей водню. Наностержні на основі ZnO мають високу чутливість (200 ppm H_2) та селективність (її чутливість до O_2 , CH_4 , CO та етанолу знижується приблизно до 0,25% [9]) до водню.

Наносенсиори з нанотрубок V_2O_5 , легованих наночастинками Fe_2O_3 , демонструють підвищену ефективність у виявленні парів етанолу при кімнатній температурі з нижньою межею виявлення при 10 ppm. Важливо відзначити, що чутливість деяких наноматеріалів залежить від методу їх синтезу. Наприклад, нанотрубки $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, отримані на поверхні алюмінієвої мембрани, є чутливими детекторами для етанолу та водню. В той же час нанотрубки $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, одержані

на поверхні вуглецевих нанотрубок як підкладка для осадження $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ в етаноловому розчині CO_2 , дуже чутливі до H_2S і, отже, є дуже привабливими матеріалами для створення хемілюмінесцентних датчиків для H_2S . Механічно і хімічно стабільні нанотрубки з Pt використовуються не тільки в газовому середовищі, але й у рідкому середовищі, зокрема для визначення глюкози. Однак вуглецеві наноматеріали відомі для найбільш ефективного виявлення газових, рідких і навіть біологічних молекул. Зокрема, графени та графенові ізомери [2; 3] з одношарових вуглецевих нанотрубок є дуже ефективними для виявлення слідових кількостей вибухових речовин, таких як тротил та інших шкідливих речовин (оксид азоту та отруйні гази різного типу). Принцип дії подібних датчиків заснований на зміні природної флуоресценції карбонової наноструктури під час взаємодії з різними реагентами й адсорбентами. Перший хімічний датчик на основі КНТ (карбонові нанотрубки) був розроблений через 6 років [10] після їх отримання. Дійсно, у [10] було вперше описано утворення контакту між КНТ та електродами. Крім того, КНТ знайшли застосування в датчиках шляхом виготовлення польових транзисторів для виявлення різних газів (NO_2 , NH_3 , O_2 , CO , CO_2) і парів води [11]. КНТ також використовуються як амперометричні й оптичні сенсори за рахунок виявлення біологічної активності та для дослідження генотоксичності. Отже, висока чутливість КНТ дає змогу визначити незначні молекулярні зміни досліджуваного субстрату. Багатостінні вуглецеві нанотрубки, підготовлені на підкладках Si/SiO_2 , надзвичайно чутливі до зміни рН водного розчину, оскільки ступінь адсорбції КНТ гідроксильних груп впливає на провідність зразка [12]. Графен за рахунок своєї унікальної високої електронної провідності дозволяє створювати надчутливі і надшвидкі електронні датчики, які здатні виявляти об'єкти, недоступні іншим детекторам за допомогою інших вуглецевих наноструктур. У дослідженні [13] при використанні як детектора графена змогли відокремити сигнал дофаміну (як нейромедіатора) від супутніх сигналів аскорбінової та сечової кислот. Слід зазначити, що дофамін відіграє дуже важливу роль у центральній нервовій, гормональній і серцево-судинній системах, а також у функціонуванні нирок людини.

За даними досліджень групи Хуан [14], розроблені наносенсори з використанням оксиду графена (ГО) для визначення перекису водню (H_2O_2). Детектори графенових оксидів виготовляють шляхом нанесення покриття на різних гнучких підкладках з розчинів поліетилентерефталату у воді для одношарового ГО або ГО з декількох шарів. Слід зазначити, що для створення ефективних наносенсорів цікаві 1D (нанотрубки, нанодроти, нанострічки, нанолозини) або 2D (графен, графен та оксид графену). Пристрої з 1D і 2D нанооб'єктами утворюють структури, які мають надзвичайно гарні властивості: високу чутливість, відновлюваність та селективність і швидкість реакції.

Кількість аналізованих речовин, чутливість, селективність і стабільність на основі вуглецевих наноструктур можна істотно розширити за рахунок їхньої модифікації різними функціональними групами, молекулами (ДНК або білками). Так, амперометричний нанобіосенсор був розроблений на основі фулерену C_{60} , адсорбованого на мезопористій вуглецевій матриці, просочений і стабілізований ферментним (поліелектролітним) комплексом [15]. Аналогічно в [16] повідом-

лено про фермент-імпрегнацію наноматриці з використанням глюкооксидази. Електрохімічні наносенсори використовують покриття на основі фулерен-функціоналізованого поліетіленіміну [17] для виявлення летючих органічних сполук (таких як одоранти). Довговічність наносенсорів з електродами з оксиду графену (модифікованого нафіон-перфлуорсульфонат полімером) у 100 разів більша, ніж датчика з нелегованого оксиду графену. Електроди з легованим відновленим оксидом графену (РГО) демонструють велику гнучкість при збереженні їх електрохімічних характеристик, в той час як зразок нелегованого оксиду графену руйнується при першій спробі вигину. Графен, модифікований метилен-зеленим, дає змогу підвищити чутливість виявлення нікотинамідаденіну нуклеотиду (НАДХ) [18]. Окислення НАДХ на модифікованому графеновому електроді відбувається при $\sim 0,14$ В. Це набагато нижче, ніж для біосенсорів, виготовлених з немодифікованого графену і КНТ (+0,40 В). У [19] описані сенсори, виготовлені з оксиду графену, легovanого хітозаном, міоглобіном і наночастинками золота, які демонструють синергетичний ефект чутливості виявлення H_2O_2 , показуючи таким чином більшу чутливість, ніж чутливість електродів з оксиду графену, легovanого кожним з перерахованих компонентів окремо. Утворення гетероатомних шестикутників у графеновій структурі різних форм нановуглецю (або синтез N-легованих вуглецевих наноструктур) також є перспективним напрямком підвищення ефективності хімічних сенсорів, виготовлених на КНТ, фулерені та графені. Згідно з [20], КНТ, легovanі атомами азоту, менш токсичні для організму і мають кращу біосумісність. Тому наносенсор, що використовується для виявлення надзвичайно токсичного мікроцистин-LR (найбільш токсичний ціанотоксин) у зразках води, може бути використаний як детектор з наночастинок золота, які прикріплені до N-легованих нанотрубок [20]. Крім того, атоми азоту в графеновій сітці нанотрубок служать активним центром для закріплення НП золота. Використання N-легованого графену для біосенсора для виявлення глюкози дало змогу збільшити чутливість детектора до прибл. $\sim 0,01$ мМ концентрації речовини, що визначається [21]. N-легований графен був отриманий обробкою графену, синтезованого хімічним методом, в азотній плазмі (азотна плазмова обробка). Тож можна зробити висновок про складність підтримання високої якості життя без використання різноманітних наноматеріалів як детекторів для надійного контролю та моніторингу стану людського організму.

З моменту відкриття нової категорії матеріалів, описаних раніше як наноб'єкти, проблема охорони навколишнього середовища набула іншого виміру через невідому взаємодію наноматеріалів з живим організмом. Токсичність наночастинок, зокрема молекул і наноструктур вуглецю, обумовлена їх здатністю індукувати активні форми кисню (іони кисню, вільні радикали і різні види пероксиду), які викликають апоптоз і некроз клітин легень та нирок [22], руйнування клітинних мембран, виникнення фіброзу та грануломатозу, руйнування генетичних структур. Особливий вплив на ці процеси мають фулерени, 2Д форми КНТ, а також всі форми графену та його похідних. Все це демонструє деякі незвичайні токсичні особливості вуглецевих наноструктур. Величезне виробниц-

тво наноматеріалів, пристроїв та об'єктів, а також їх неконтрольоване поширення в усьому світі може призвести до екологічних катастроф.

Однак перш ніж обговорювати небезпеки, пов'язані зі шкідливим впливом нанорозмірних об'єктів на здоров'я людини, необхідно класифікувати ці нові речовини відповідно до їх хімічної активності, основних джерел генерації та токсикологічних особливостей. Звичайно, нанооб'єкти, створені природою, існували протягом тривалого часу і постійно відтворюються, наприклад, наночастинки карбону при спалюванні лісів і виверженні вулканів. Вони також генеруються з таких джерел, як машини, двигуни, електростанції тощо. Проте засобів для їх виявлення в минулому не існувало. Багато наноструктурованих матеріалів також продукуються в лабораторіях, в експериментальних установках під час процесів помолу та подрібнення. Нанооб'єкти, що виділяються в таких процесах, складаються з вуглецю, поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАУ) і металів, які є канцерогенними для людини. Нині деякі вуглецеві нанооб'єкти, зокрема для виготовлення наносенсорів, синтезуються в промислових кількостях різними методами. Такі виробництва здійснюються в азійському регіоні (Японія, Китай і Південна Корея), США і Європі. Як і інші країни, Україна продукує приблизно 4% всіх КНТ. Японія є основним світовим продуцентом особливо токсичних КНТ на основі 1Д та 2Д структур. На жаль, інформація про виробництво в Україні як вуглецевих, так і неуглецевих (металів, оксидних, карбідних і нітридних) наноструктур і наночастинок недоступна.

Важливо відзначити, що наноматеріали можна класифікувати як:

- наноструктуровані матеріали — нанорозмірні (0D, 1D і 2D) об'єкти (наночастинки та наноструктури);
- порошкоподібні матеріали, що часто містять нанорозмірні об'єкти (наноструктури, наночастинки) як інгредієнти;
- ізольовані наноструктури як фрагменти побудови більш складних утворень.

Вивчення фізико-хімічних та електронних властивостей ізольованих об'єктів нанохімії (нанотрубки, нановолокна, нанофази) є надзвичайно складною проблемою через відсутність методології роботи з нанорозмірними об'єктами та пристроями. Однак виробництво деяких речовин у нанорозмірному стані вже проводиться у великих промислових масштабах. Зокрема, кількість синтезованих тільки вуглецевих нанотрубок перевищує 100 тонн/рік. Всесвітнє виробництво наноматеріалу TiO_2 становить майже 2 млн тонн/рік. Цей продукт використовується як компонент сонцезахисних і косметичних кремів, антисептиків (зубна паста, шампунь, текстиль, одяг) та харчової упаковки, нанокапсул з додатковим барвником, пластику тощо. Наночастинки поширені у повітрі, воді, їжі, одязі та кремах. Практично всі ми регулярно використовуємо продукти харчування й товари з різними наночастинками. Тому важливо розуміти хімічні особливості об'єктів нанохімії для оцінки можливого агресивного та шкідливого впливу таких забруднюючих речовин у нашому середовищі. Нижче перераховані основні характеристики декількох нанорозмірних об'єктів з такими властивостями:

- розмір, порівнянний з розміром деяких молекул;

- висока кривизна поверхонь;
- незвична морфологія: трубки, стрічки, лозини, цибулини, торіоди, сфери тощо; кількість вільних валентностей на поверхні, а також вільної енергії: екстремально висока порівняно з реакційною здатністю радикалів;
- складність виявлення і подальшого видалення наноматеріалів з навколишнього середовища за допомогою традиційних методів фільтрації;
- нетоксичні, але також хімічно активні наночастинки, які можуть взаємодіяти з різними компонентами живих організмів;
- сфероїдальні молекули є надзвичайно сильними акцепторами електронів, які є сильними канцерогенними речовинами;
- розмір, форма та побудова графенових шарів (кріслоподібних і зигзагоподібних нанотрубок);
- карбонові наноструктури (особливо частково зруйновані цибулини і багатостінні нанотрубки) можуть виступати як ємнісні контейнери для синтезованих канцерогенних речовин і впливати на здоров'я людей;
- наночастинки в організмах можуть бути каталізаторами утворення токсичних речовин.

Раніше було визначено [23], що різні речовини, виготовлені з різних морфологій вуглецевих структур, можуть бути отримані шляхом піролізу молекул вуглеводнів. Зокрема, отримані ниткоподібні кольорові кристали з екстрактів бензолу (толуолу) піролітичної сажі тощо. Попередні дослідження показали [1], що ці прозорі макронитки складаються з більш тонких мікро- або нанониток і містять практично тільки карбон. (Можливо, що прозорі нитки також містять гідроген). Необхідно визначити роль цих речовин у токсичності вуглецевих наноструктур.

Найчастіше забруднення навколишнього середовища здійснюється за участю побічних продуктів і газів (переважно домішками вуглецевих похідних і свинцю), що призводить до збільшення смертності. Проте викиди вуглецевих наночастинок в атмосфері з різних антропогенних джерел постійно зростають протягом багатьох років. Вдихання повітря, забрудненого наночастинками вуглецю і органічних сполук, можуть сприяти підвищеному ризику серцевих захворювань, як-от ішемічна хвороба серця, стабільна стенокардія, інфаркт міокарда [24].

Однак наночастинки інших речовин, дуже відмінних від вуглецю, також розсіюються в навколишньому середовищі. Вони поширені всюди: їх можна зустріти в продуктах, воді, одязі, косметиці тощо. Важливо підкреслити, що токсичні властивості наночастинок практично всіх речовин (вуглецю, металів і оксидів) в основному пов'язані з активними формами окисного стресу, що генеруються цими нанофазами. Різні нанооб'єкти потрапляють в організм людини по-різному. Наночастинки оксидів титану (TiO_2) і цинку (ZnO), а також металеві наночастинки (Al , Ag і Au) використовуються в косметиці, зокрема, в сонцезахисних засобах, і як добавки до різних продуктів. Токсикологічний ефект використання наночастинок TiO_2 , Al , Ag [25], Au [26] та оксидів заліза [27] у харчових добавках та шляхи їх проникнення в організм описані в зазначених вище працях. Наночастинки селену, срібла, оксиду цинку, діоксиду титану та

багато інших неорганічних речовин можуть потрапити в їжу з упаковки і призвести до шкідливого впливу.

Наночастинки і наноструктури внаслідок дуже малих розмірів можуть потрапити в організм людини всіма доступними шляхами через інгаляцію — дихальну систему (адсорбуючись на великій поверхні легенів і в крові); при прийомі перорально — через шлунково-кишковий тракт; шкірні пори, а також, зокрема, через пошкоджену шкіру. Наночастинки, особливо металів і оксидів у травному тракті, здатні перетворюватися з мікро- в нанофази, накопичуватися і змінювати токсикологічні властивості, що призводить до невідомих фізіологічних ефектів. Надзвичайно хімічно активні нанооб'єкти легко долають біологічні бар'єри в живих організмах. Наночастинки цинку (розміри >22 нм) викликають виникнення окисного стресу в клітинах, анемію (зниження концентрації гемоглобіну в крові) і порушення серцево-судинної системи [28]. Група дослідників [29] порівнювала токсичність *in vitro* наночастинок Ag, Al і MoO₃ для сперматогоніальних клітин мишей. Встановлено, що ступінь токсичного впливу зростає в діапазоні: Ag>Al>MoO₃. Токсичність наночастинок золота значно залежить від їх розміру. Наночастинки золота розміром 1,4 нм викликають переважно швидко (протягом 12 год) загибель клітин внаслідок некрозу, тоді як агрегати з часток розміром 1,2 нм призводять до переважно запрограмованої загибелі клітин через апоптоз. На думку авторів [30], наночастинки золота діаметром ~ 5 нм при концентрації 57 мг/л викликають стерильність самця білих щурів, у той час як у жіночих осіб такі наночастинки накопичуються в плацентальній тканині і призводять до патологій потомства. Частинок оксидів, таких як CoO, Co₃O₄, Cr₂O₃, Cu₂O, CuO, ZnO і Ni₂O₃, демонструють високу цитотоксичність зубних амальгам [31]. Наночастинки, що містять залізо, токсичні для нервових клітин людини і можуть перешкоджати передачі сигналів між нервовими закінченнями [32].

Дослідження впливу наночастинок золота на ембріони показало, що найбільш токсичні частинки мають порядок 0,8 нм, ніж частинки з розміром 1,5 нм. Наночастинки срібла розміром 5—50 нм мають сильну антибактеріальну активність, демонструючи при цьому токсичність стосовно печінки щурів [33]. Механізм розвитку токсичності пов'язаний з окислювальним стресом і підвищенням проникності мембрани. Наночастинки алюмінію сприяють зростанню тканин організму, викликаючи утворення та дублювання клітин [34]. Фракційне введення суспензії наночастинок заліза (دوزи 1000, 2000 і 5000 мг/кг) призводить до розвитку запальних процесів на слизовій оболонці шлунка і кишківника (мишей, птахів і риб), а також змінює формування, розвиток і дозрівання клітин крові [35]. Для щурів інгаляційний вплив наночастинок оксиду заліза (в діапазоні від 22 до 280 нм) в дозах 0,8 і 20 мг/кг викликає індукцію активних форм кисню в клітинах і порушення системи згортання крові. Наночастинки оксидів заліза можуть викликати металічну (цинкову) лихоманку.

Надзвичайно активні нанооб'єкти, зазвичай інертних речовин, можуть взаємодіяти з людськими організмами, утворюючи різні і, можливо, токсичні речовини. Наночастинки діоксиду титану (TiO₂) (розмір 20 нм або 250 нм) при вдиханні щурами здатні накопичуватися в тканинах [36] і ушкоджувати ДНК,

клітини лімфатичних клітин і мозку. Наночастинки TiO_2 і ZnO каталізують фотоокислення. Токсичність TiO_2 розвивається за рахунок безперервного генерування наночастинками активних форм кисню, що призводить до окисного стресу. Кількість активних форм кисню залежить не тільки від розміру наночастинок, але і від структури TiO_2 (кристалічна або аморфна). При дослідженні токсичності наночастинок (in vivo) у мишей з'ясувалося, що під час вдихання наночастинок купруму відбувається ослаблення імунної системи людей.

Нанооб'єкти на основі карбону показують залежність токсичності від шляхів їх потрапляння в організм тварин і людини. Отже, 30 хв впливу наночастинок карбону, що міститься у вихлопних газах, провокує оксидативне напруження в тканинах мозку людини. Tamura et al. [37] показали, що контакт з КНТ призводить до зниження життєздатності клітин людської крові за рахунок генерації активних форм кисню (супероксидних аніон-радикалів). Відповідно до досліджень [38], гранична концентрація цитотоксичності суспензії з КНТ становить близько 0,01 мг/мл. КНТ можуть також пошкоджувати ДНК і ядро клітин, а також руйнувати стовбурові клітини ембріонів мишей [39]. Більш того, КНТ є канцерогенними і викликають фіброз і гранульоми у мишей. Важливо відзначити, що одностінні нанотрубки (ОКНТ) є більш токсичними, ніж багатостінні нанотрубки (ПКНТ) і фулерени. Виявлена висока цитотоксичність навіть при низькій концентрації нанотрубок (0,38 мкг / мл) ОКНТ. Вдихання КНТ лабораторними щурами призвело до запалення, накопичення клітин у легеневій тканині і збільшення ваги легень [26]. КНТ здатні проникати через мембрани, накопичуючись всередині клітин, і зменшуючи їх розмірність. ОКНТ в концентрації 25, 50, 100 і 150 мг/мл є інгібіторами розростання ембріональних клітин нирки людини. Такі КНТ активують ріст новоутворень у нирках [39] і відрізняються від вуглецевих наноструктур, здатних індукувати активний кисень з неспареними електронами (радикальними), які можуть при певних концентраціях впливати на пошкодження клітинних структур. КНТ з органів травлення легко розподіляються по тканинах і в багатьох органах (крім мозку), знижуючи життєздатність клітин. Встановлено, що одностінні та багатостінні нанотрубки відрізняються ступенем токсичності і здатністю індукувати оксидативний стрес [25].

Фулерен C_{60} у водних дисперсіях генерує активні форми кисню, які ушкоджують плазмові мембрани і викликають некроз. Згідно з [40], фулерен C_{60} також є генотоксичним і ушкоджує ДНК. Слід зазначити [41], що токсичність колоїдного C_{60} коригує з ураженням мозку риб і клітин людини, що вказує на небезпеку наноматеріалів для шкірних, респіраторних, імунних, серцево-судинних, нервових і репродуктивних систем, а також міжвидових подібностей. У дослідженні Чжуа [42] підкреслюється, що цитотоксична суспензія C_{60} з водою та етанолом була приготована без використання токсичних розчинників. Внутрішньовенна ін'єкція клінічним щурам (в дозах 15 і 25 мг/кг) фулерену (або його водорозчинних форм) протягом 5 хв призвела до смерті приблизно 10%. Дональдсон і Чжуа [42] встановили, що фулерени майже повністю з'єднуються з волокнами плазми, знижують активність печінки та індукують оксидативне ушкодження в клітинах. У дослідженні [43] порівняно токсичність фулерену C_{60} і фулеролу $\text{C}_{60}(\text{OH})_{24}$ (у водному розчині похідного C_{60}) щодо клітин людської

шкіри та печінки. Встановлено, що фулерен C_{60} є токсичним при концентрації 0,02 ppb, тоді як фулерол $C_{60}(OH)_{24}$ є токсичним тільки при концентраціях вище 5000 ppb. $C_{60}(COOH)_2$ також є похідним C_{60} і здатний проникати через зовнішню клітинну мембрану. Переважно локалізується в мітохондріях.

Графен і його оксиди, подібні до фулерену та нанотрубок, також каталізують генерацію активних форм кисню [44]. Цитотоксичність графену і УНТ *in vitro* оцінювали за допомогою клітин, що використовуються як модельні нейрони головного мозку. Одностінні нанотрубки демонструють більш сильне пошкодження клітинної мембрани, ймовірно, через їхню форму «голки». Цитотоксичність оксиду графену пояснювалася фізичним пошкодженням клітинної мембрани ребром вуглецевих наношарів. Перші дослідження генотоксичності наноалмазів показали [45], що окислені зразки порівняно з вихідними (неокисленими) викликають більше шкоди ДНК. У той же час пошкодження ДНК, спричинені дією окисленого наноалмаза, набагато менш серйозні, ніж пошкодження з багатостінними нанотрубками. Magrez et al. [46] порівняли *in vitro* ступінь токсичності багатостінних нанотрубок, нанониток і наночастинок на клітинах пухлин легенів. Встановлено, що рівень токсичного впливу наноматеріалів залежить від розмірів: найбільша токсичність викликається нанонитками карбону. Крім того, токсичність наноматеріалів зростає після обробки їх кислотою.

У [47] провели порівняльне тестування токсичності ПКНТ, ОКНТ і фулерену C_{60} . Інтенсивна цитотоксичність ОКНТ для альвеолярного макрофага спостерігалася після 6-годинної витривалості в пробірці (*in vitro*). ОКНТ суттєво порушують фагоцитоз альвеолярного макрофага при низькій дозі 0,38 мкг/см³, а ПКНТ і C_{60} — у порушенні тільки при високій дозі $\sim 3,06$ мкг/мл, при цьому їх дія на макрофаги підтвердила характерні риси некрозу і дегенерації, а також апоптозу. Встановлено підвищення ступеня токсичності в послідовності: ОКНТТ > ПКНТ10 > кварц > C_{60} . Незвичайна нанотоксикологічна особливість наноб'єктів і наноматеріалів пов'язана з можливістю синтезу нових фізіологічно активних речовин в живих клітинах і тканинах. Ці нові речовини можуть змінювати біологічні бар'єри організму господаря. У таких випадках мутація організму господаря неминуча.

Висновки

Наноматеріали 1D і 2D наноструктур дуже важливі для підготовки нових датчиків і детекторів. Перші результати щодо використання наностержнів і нанопроводів різних металів та оксидів, а також карбонових нанотрубок, графену, фулерену та оксиду графену як детекторів показали дуже високу чутливість до виявлення газів, парів і рідин. Однак можливі непередбачувані наслідки дії цих наноматеріалів, пристроїв і систем на організм людини. Через стрімкий прогрес у сфері нанотехнологій наноб'єкти є скрізь: повітря, вода, продукти харчування, косметика, пакування, одяг, товари, медицина. Вони дуже легко проникають в людські організми через шкіру, ніс і перорально, а потім можуть також легко долати практично всі біологічні бар'єри, взаємодіяти і руйнувати різні людські органи. Тому знання про особливості властивостей наноматеріалів та обов'язкові норми щодо використання, повторного використання й утилізації нанопродуктів і продуктів та систем на основі наноматеріалів є надзвичайно важливими.

Література

1. Kharlamov A., Kirillova N., Fomenko V. (2008) Persistent organic pollutants at nanotechnology and their impact on people health. In: Mehmetli E., Koumanova B. (eds.) The fate of persistent organic pollutants in the environment. Springer, Dordrecht: 425—441.
2. Kharlamov A. I., Kirillova N. V., Skripnichenko et al. (2010) Nanochemical peculiarities of nanostructures, nanophases and nanoparticles. Report of Academia of Science of Ukraine: 100—108 (Russian).
3. Kharlamov A., Skripnichenko A., Gubareny N. et al. (2011) Toxicology of nano-objects: nanoparticles, nanostructures and nanophases. In: Mikhalovsky S., Khajibaev A. (eds.) Biodefence NATO science for peace and security series A: Chemistry and Biology, Part 1. Springer: 23—32.
4. Pul C., Ouens F. (2005) Nanotechnology. Moscow Teknosfera: 336 (Russian).
5. Huang X. J., Choi Y. K. (2007) Chemical sensors based on nanostructured materials. Sensors and Actuators B 122:659—671.
6. Li W. Y., Xu L. N., Chen J. (2005) Co₃O₄ nanomaterials in lithium-ion batteries and gas sensors. Adv Funct Mater 15:851—857.
7. Chen X. Q., Chen X. P. (2011) Investigation on the electrochemical properties of TiO₂ nanotubes prepared by anodic oxidation. In Materials for Renewable Energy & Environment (ICMREE), International Conference, China, Shanghai 20—22:1393—1396.
8. Liu H., Ding D., Ning C., Li Z. (2012) Wide-range hydrogen sensing with Nb-doped TiO₂ nanotubes. Nanotechnology 23:15502—15507.
9. Lupan O., Chai G., Cho L. (2008) Novel hydrogen gas sensor based on single ZnO nanorod. Microelectronic Engineering 85:2220—2228.
10. Tans S. J., Devoret M. H., Dai H. et al. (1997) Individual single-wall carbon nanotubes as quantum wires. Nature 386:474—476.
11. Zahab A., Spina L., Poncharal P., Marliere C. (2000) Water-vapor effect on the electrical conductivity of a single-walled carbon nanotube. Phys Rev B 62:10000—10003.
12. Lee K., Kwon J., Moon S., et al. (2007) pH sensitive multiwalled carbon nanotubes. Materials Letters 14—15 (61):3201—3203.
13. Papakonstantinou P., McMullan M., Stamboulis et al. (2008) Catalyst-Free Efficient Growth, Orientation and Biosensing Properties of Multilayer Graphene Nanoflake Films with Sharp Edge Planes. Adv Funct Mater 18:1—9.
14. Huang L., Huang Y., Liang J. et al. (2011) Graphene-Based Conducting Inks for Direct Inkjet Printing of Flexible Conductive Patterns and Their Applications in Electric Circuits and Chemical. Sensor Nano Res 4 (7):675—684.
15. Sotiropoulou S., Gavalas V., Vamvakaki V., Chaniotaki N. A. (2003) Novel carbon materials in biosensor systems. Biosensors and Bioelectronics 18:211—215.
16. Gavalas V. G., Chaniotakis N. A. (2000) Fullerene-mediated amperometric biosensors. Anal Chim Acta 409:131—135.
17. Chaniotakis N. (2007) Fullerene-based Electrochemical Detection Methods for Biosensing Nanotechnologies for the Life Sciences. In: Kumar C (eds.) Nanomaterials for biosensors, Technology and Engineering 8:408—412.
18. Liu H., Gao J., Xue M. Q. et al. (2009) Processing of graphene for electrochemical application: noncovalently functionalize graphene sheets with water-soluble electroactive methylene green. Langmuir The ACS Journal of Surfaces and Colloids 25:12006—12010.
19. Zhou K. F., Zhu Y. H., Yang X. L. et al. (2010) A novel hydrogen peroxide biosensor based on Au-graphene-HRP-chitosan biocomposites. Electrochim. Acta 55:3055—3060.
20. Zhang J., Lei J., Pan R. et al. (2011) In situ assembly of gold nanoparticles on nitrogen-doped carbon nanotubes for sensitive immunosensing of microcystin-LR. Chem Commun 47:668—670.
21. Wang Y., Shao Y., Matson D. W. et al. (2010) Nitrogen-Doped Graphene and Its Application in Electrochemical. Biosensing ACS Nano 4 (4) 1790—1798.
22. Cui D., Tian F., Ozkan C. S. et al. (2005) Effect of single wall carbon nanotubes on human HEK293 cells. Toxicol Lett 155:73—85.
23. Kharlamova G., Kirillova G., Kharlamov N., Skripnichenko A. (2008) Novel transparent molecular crystals of carbon. In: Vaseashta A., Mihailescu I. (eds.) Function — alized nanoscale materials, devices, and systems. Springer, Dordrecht: 373—379.

24. Schneider A., Hampel R., Ibaldo-Mulli A. et al. (2010) Changes in deceleration capacity of heart rate and heart rate variability induced by ambient air pollution in individuals with coronary artery disease. *Part Fibre Toxicol*: 7—29.
25. Casals E., Vazquez-Campos S., Bastus N. G., Punte V. (2008) Distribution and potential toxicity of engineered inorganic nanoparticles and carbon nanostructures in biological systems. *Trends in Analytical Chemistry* 8(27):672—683.
26. Li J. J., Gurung R. L., Hartono D. et al. (2011) Genomic instability of gold nanoparticle treated human lung fibroblast cells. *Biomaterials Issue* 23 (32):5515—5523.
27. Pisanic T. R., Blackwell J. D., Shubayev V. I. et al. (2007) Nanotoxicity of iron oxide nanoparticle internalization in growing neuron. *Biomaterials* 28:2572—2581.
28. Wang B. (2006) Acute toxicity of nano- and microscale zinc powder in healthy adult mice. *Toxicol Lett* 161:115—123.
29. Braydich-Stolle L., Hussain S., Schlager J. J. (2005) Hofmann M. C. In vitro cytotoxicity of nanoparticles in mammalian germline stem cells. *Toxicol Sci* 88(2) 412—4199.
30. Andrusishina I. N. (2011) Nanoparticles of metals: methods of preparation, physical and chemical properties, methods and assessment of toxicity. *Contemporary Problems of Toxicology*: 5—14 (Russian).
31. Hanawa T., Kaga M., Itoh Y. et al. (1992) Cytotoxicities of oxides, phosphates and sulphides of metals. *Biomaterial* 13:20—24.
32. Pisanic T. R., Blackwell J. D., Shubayev V. I. et al. (2007) Nanotoxicity of iron oxide nanoparticle internalization in growing neuron. *Biomaterials* 28:2572—2581.
33. Lewinski N., Colvin V., Drezek R. (2008) Cytotoxicity of nanoparticles. *Small J* 4(1) 26—49.
34. Chen L. (2008) Manufactured aluminum oxide nanoparticles decrease expression of tight junction proteins in brain vasculature. *Neuroimmune Pharmacology* 3:286—295.
35. Kovalenko L. V., Folmanis G. E. (2006) Biological active nanopowders of iron. Science, Moscow, 124.
36. Hoet P., Bruske-Holfeld I., Salata O. (2004) Nanoparticles — known and unknown health risks. *JNanobiotechnol* 2:2—12.
37. Tamura K., Takashi N., Akasaka T. et al. (2004) Effect of micro/nano particle size on cell function and morphology. *Key Eng Mater* 254:919—922.
38. Kartel M. T., Ivanov L. V., Kovalenko S. N., Tereschenko V. P. (2011) Carbon Nano-tubes: Biorisks and Biodefence. Chapter 2 in: Mikhalovsky S. and Khajibaev A. (eds.), *Biodefence, NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology*, Springer Science+Business Media BV 11—22.
39. Zhu L., Chang D. W., Dai L. et al. (2007) DNA Damage induced by multiwalled carbon nanotubes in mouse embryonic stem cells. *Nano Lett* 7:3592—3597.
40. Dhawan A., Taurozzi J. S., Pandey A. K. et al. (2006) Stable colloidal dispersions of C₆₀ fullerenes in water: evidence for genotoxicity. *Environ Sci Technol* 40(23) 7394—401.
41. Xia X. R., Monteiro-Riviere N. A., Riviere J. E. (2010) Intrinsic biological property of colloidal fullerene nanoparticles (nC₆₀) Lack of lethality after high dose exposure to human epidermal and bacterial cells. *Toxicology Letters* 2(197):128—134.
42. Zhua S. (2006) Toxicity of an engineered nanoparticle (fullerene, C₆₀) in two aquatic species, *Daphnia* and fathead minnow. *Mar Environ Res* 62:5—9.
43. Sayes C. M., Fortner J. D., Guo W. et al. (2004) The Differential Cytotoxicity of Water-Soluble Fullerenes. *Nano Lett* 4(10):1881—1887.
44. Chang Y., Yang S. T., Liu J. H. et al. (2010) In vitro toxicity evaluation of graphene oxide on A549 cells. *Toxicol Lett* 200(3) 201—210.
45. Xing Y., Xiong W., Zhu L., et al. (2011) DNA Damage in Embryonic Stem Cells Caused by Nanodiamonds. *ACS Nano*, 5 (3) 2376—2384.
46. Magrez A., Kasas S., Salicio V. et al. (2006) Cellular Toxicity of Carbon-Based. *Nanomaterials Nano Lett* 6:1121—1125.
47. Jia G., Wang H. F., Yan L. et al. (2005) Cytotoxicity of carbon nanomaterials: Single-wall nanotube, multi-wall nanotube and fullerene. *Environ Sci Technol* 39:1378—1383.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути видана лише одна стаття автора (як власна, так і в співавторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вичитаних роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами.
4. Анотація англійською та українською мовами (не менше 1800 символів з пробілами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті;
 - викладення основних результатів дослідження;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ 8302:2015. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора.

8. Таблиці (у Word або Excel) можна подавати як у тексті, так і в окремих файлах (на окремих сторінках). Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Слово «Таблиця» і номер друкуються курсивом, заголовок — напівжирним шрифтом.

9. Ілюстрації (креслення, рисунки, схеми, діаграми) мають бути розміщені в тексті. **Обов'язковою вимогою** є надсилання оригінальних файлів рисунків, створених у програмі-редакторі Corel Draw X6.

Вимоги до оформлення рисунків: вісь координат — 0,2 мм, без сітки, сам рисунок (наприклад, крива) — 0,35 мм, текст в рисунку — Times New Roman 9,5, ширина рисунка — до 13 см. Всі рисунки мають бути чорно-білими. Підписи до рисунків набираються безпосередньо під рисунками прямим напівжирним шрифтом. Знімок екрана (скріншот) виконується на світлому фоні.

Фотографії мають бути чіткими та контрастними (формати TIF, JPG з роздільною здатністю 300 dpi), розмірами 6×9. Фотографії друкуються у разі крайньої потреби. Авторам краще завантажити фотографії на хмарний сервіс і у списку літератури дати на них посилання.

10. Математичні формули повинні бути роздруковані з правильним виділенням верхніх і нижніх індексів. Нумерація формул здійснюється арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки. Індеси від скорочених українських слів друкуються прямим шрифтом малими літерами. В індексах, що складаються з двох скорочених слів, після першого скороченого слова ставиться крапка, після другого — крапка не ставиться. Цифри в індексах також друкуються прямим шрифтом. Індеси, позначені латинськими літерами, друкуються курсивом. У формулах літери латинського алфавіту набираються курсивом, грецького й українського — прямим шрифтом.

Хімічні формули набираються прямим шрифтом. Математичні символи, що входять до складу хімічних формул, — курсивом.

Формули вставляються безпосередньо в текст. Прості формули набираються з клавіатури, а складні — за допомогою редактора формул Microsoft Equation 3.0 object або Math Type 5,6. Інші версії редакторів формул є неприйнятними. Символи вставляються тільки через таблицю символів. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

11. Відомості про авторів статті повинні бути наведені за єдиним зразком у вказаному порядку: прізвище (прописними літерами), ім'я та ім'я по батькові (повністю); наукове звання; посада чи професія, місце роботи; телефон, E-mail.

12. Дата надходження статті до редакції (після тексту надрукованого матеріалу).

Використання автоматичного перекладу наукового тексту (статті, анотації, ключових слів) **не допускається**. Переклад має бути належної якості.

Відсутність будь-якого з пунктів переліку, зазначеного вище, рецензії, невідповідність вимогам до оформлення, наявність орфографічних, граматичних, стилістичних помилок, автоматичний переклад елементів матеріалу є підставою **для відмови** в прийнятті статті до друку.

Автор несе відповідальність за додержання вимог чинного законодавства при підготовці матеріалів, у тому числі норм авторського права і достовірність наведених фактичних даних (цитат, посилань, імен, назв тощо).

Адреса редакції:

Національний університет
харчових технологій
вул. Володимирська, 68,
корпус Б, к. 412,
м. Київ, 01601

Контактні телефони: міський — (044) 287-92-95, внутрішній — 92-95.

E-mail: npnuht@ukr.net