



2018

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 24 № 5

Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
засновано в 1993 році

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2018

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 and economic sciences (Decree of MES of Ukraine # 241 from September 3, 2016), 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
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- 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 # 3 from 25th of October, 2018

© NUFT, 2018

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 та економічних наук (Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016), 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
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- 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 № 3 від 25 жовтня 2018 року

© НУХТ, 2018

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:

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

Анатолій Сайганов
Anatoly Sauganov

д-р екон. наук, проф., Білорусь
Ph. D. Hab., Prof., Institute of System Research in
Agroindustrial Complex of NAS of Belarus, Belarus

Анжей Ковальський
Anzhey Kowalski

д-р екон. наук, проф., Польща
Ph. D. Hab., Prof., Institute of Agricultural and Food Economics,
Poland

Брайан Мак Кенна
Brian McKenna

д-р техн. наук, проф., Ірландія
Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland

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

Віра Оболкіна
Vera Obolkina

д-р техн. наук, Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Віктор Ємцев
Viktor Yemtsev

д-р екон. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food
Technologies, Ukraine

Володимир Зав'ялов
Vladimir Zavialov

д-р техн. наук, Україна
Ph. D. Hab., National University of Food Technologies,
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 Leskauskaite	д-р техн. наук, проф., Литва Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
Іван Малезжик Ivan Malezhyk	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Кристина Сильва Cristina L.M.Silva	д-р техн. наук, проф., Португалія Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa
Лада Ширініян Lada Shyrinian	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
Микола Прядко Mykola Pryadko	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Наталія Гусятинська Natalia Gusyatyunska	д-р техн. наук, проф., 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 Литвиненко Oleksandr Lytvynenko	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Перепелиця Oleksandr Perepelitsa	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., 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
Петро Шиян Petro Shyian	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Саверіо Манніно Saverio Mannino	д-р хім. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Milan, Italy
Світлана Бондаренко Svitlana Bondarenko	д-р хім. наук, проф., 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

Біотехнологія і мікробіологія

Юкало В.Г., Сторож Л.А., Карпик Г.В. Молекулярно-масовий розподіл казеїнових фосфопептидів

Данилкович А.Г., Лишук В.І., Охмат О.А. Біотехнологічні процеси в технології формування шкіряних матеріалів

Швець В.В., Карпенко О.В., Лубенець В.І., Новіков В.П. Особливості використання композицій на основі продуктів біотехнології для укорінення живців туї західної

Головко М.П., Головко Т.М., Геліх А.О. Дослідження акумуляції важких металів у м'якому тілі прісноводних молюсків роду *Anodonta*

Андреева О.А., Майстренко Л.А., Ніконова А.В. Дослідження структури та властивостей біотехнологічного колагенвмісного препарату

Кондрашевська К.Р., Ключка І.В., Пирог Т.П., Пенчук Ю.М. Розмаїття мікробних вторинних метаболітів

Шаповалов Є.Б., Шаповалов В.Б., Салавор О.М., Якименко І.Л. Порівняння нормативної бази ЄС та України щодо виробництва біогазу з органічних відходів

Економіка і соціальний розвиток

Страшинська Л.В. Ринок хліба і хлібобулочних виробів України: тенденції, проблеми та перспективи розвитку

Кундєєва Г.О. Інноваційний розвиток економіки України: капітал здоров'я

Процеси і апарати харчових виробництв

Захаров В.В., Устїнов О.А., Змієвський Ю.Г., Мирончук В.Г. Застосування алгоритму наївного басового класифікатора для розрахунку та прогнозування процесів озонування

Бурдо О.Г., Сиротюк І.В., Левтринська Ю.О., Терзієв С.Г. Технології направленої енергетичної дії у процесах зневоднення гомогенних і гетерогенних харчових систем

Самілік М.М. Вплив температури цукрового утфелю останнього ступеня кристалізації на реологічні властивості міжкристалного розчину

Кривопляс-Володіна Л.О., Гавва О.М., Деренівська А.В. Оптимізація синтезу пакувальних машин за критерієм ефективності

Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Вінніченко І.М., Васильківський К.В. Особливості масообмінних процесів в анаеробних газорідних середовищах

Харчові технології

Паска М.З., Маслійчук О.Б. Контроль якості м'ясних функціональних котлет

CONTENTS

Biotechnology and Microbiology

7 Yukalo V., Storozh L., Karpuk H. Molecular-mass distribution of casein phosphopeptides

14 Danylkovych A., Lishchuk V., Okhmat O. Biotechnological processes in the technology of forming of leather materials

25 Shvets V., Karpenko O., Novikov V., Lubenets V. Peculiarities of use of the compositions based on biotechnology products for rooting of thuja cuttings

32 Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Investigation of heavy metals battery in the soft body of the freshwater mussels of genus *Anodonta*

38 Andreyeva O., Maistrenko L., Nikonova A. Research of structure and properties of biotechnological collagen-containing preparation

44 Kondrashevskaya K., Kliuchka I., Pirog T., Penchuk Yu. Diversity of microbial secondary metabolites

61 Shapovalov Ye., Shapovalov V., Salavor O., Yakymenko I. Comparison of EU and Ukraine regulatory framework for biogas production

Enterprise Economy and Social Development

70 Strashynska L. Bread and bakery market in Ukraine: trends, problems and prospects of development

81 Kyndieieva G. Innovative development of Ukraine's economy: health capital

Processes and Equipment for Food Industries

91 Zakharov V., Ustinov O., Zmievskii Yu., Myronchuk V. Application of the naive bayes classifier for calculation and prediction of ozonation processes

99 Burdo O., Syrotyuk I., Levtrinskaya Yu., Terziev S. Technologies of direct energy action in the processes of the removal of homogenic and heterogenic food systems

109 Samilyk M. Temperature effect of the last product sugar massecuite crystallization process on the rheological properties of the syrup

115 Kryvoplias-Volodina L., Gavva O., Derenivskaya A. Optimization of the synthesis of packing machines by the efficiency criteria

124 Shevchenko A., Sokolenko A., Vinnichenko I., Vasylykivsky K. Peculiarities of mass-exchange processes in anaerobic gas-liquid media

Food Technology

135 Paska M., Masliichuk O. Quality control of meat functional cutlets

- Сімахіна Г.О.* Особливості створення комбінованих заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів
- Черевко О.І., Михайлов В.М., Загорулко О.Є., Загорулко А.М.* Удосконалення способу виробництва напівфабрикатів з плодово-ягідної сировини гарантованої якості
- Коркач Г.В., Леbedenko Т.Є., Карацуба Н.Л.* Зміна якості вафельних виробів із синбіотиком при зберіганні
- Фролова Н.Є.* Сучасні способи визначення термінів зберігання харчових продуктів і шляхи їх розвитку
- Омельченко Н.М., Кучерява В.А., Rogozynskiy М.С., Нечипоренко О.В.* Споживчі властивості ферментованих молочних продуктів
- Мацук Ю.А., Марченко І.М., Пасічний В.М., Маринін А.І.* Обґрунтування технології снєків з використанням м'ясного сушеного напівфабрикату
- Москалюк О.Є., Радзівська І.Г., Гацук О.І., Пешук Л.В.* Аналіз жирнокислотного складу м'ясних паштетів
- Скочко О.І., Друговейко В.О., Шевченко І.І., Масліков М.М.* Вивчення кріопротекторних властивостей білково-полісахаридних сумішей у складі посічених напівфабрикатів
- Жигунов Д.О., Мардар М.Р., Соц С.М., Барковська Ю.С., Жигунова Г.Д.* Дослідження технологічних властивостей пшениці та спельти як сировини для виробництва борошна і крупи
- Українець А.І., Большак Ю.В., Святненко Р.С., Прохоренко Ж.І.* Застосування фізично зміненої (активованої) води для підвищення ефективності технологій харчового виробництва та поліпшення якості продукції
- Іоргачова К.Г., Макарова О.В., Хвостенко К.В.* Перспективність використання борошна з нових видів пшениці при виробництві галет без цукру
- Іценко В.М., Кочубей-Литвиненко О.В., Квітковська Н.П., Якімінська А.Г., Іценко М.В.* Застосування молекулярної абсорбційної та емісійної спектрометрії для виявлення фальсифікації пастеризованого молока
- Носенко Т.Т., Вовк Г.О., Королюк Т.А., Голубець О.В.* Вплив попередньої ферментативної обробки насіння на склад пресової гарбузової олії
- 144 *Simakhina G.* Specifications of creating the combined frozen half-products of fruit and berries
- 153 *Cherevko O., Mykhaylov V., Zagorulko A., Zahorulko A.* Improvement of the process production of vegetable convenience foods from fruit-and-berry raw materials of guaranteed quality
- 163 *Korkach H., Lebedenko T., Karatsuba N.* Change of quality of wafer products with synbiotic during storage
- 171 *Frolova N.* Modern methods of determining shelf life of nutrition products and ways of its development
- 181 *Omelchenko N., Kucheryava V., Rogozynskiy M., Nechyporenko O.* Some consumer characteristics of the fermented dairy products
- 189 *Matsuk Y., Marchenko I., Pasichnyi V., Marinin A.* The justification of snack technology with using meat dried semi-finished product
- 195 *Moskalyuk O., Radziewska I., Haschuk A., Peshuk L.* Analysis of fatty acid composition of meat pates
- 202 *Skochko O., Druhoveiko V., Shevchenko I., Maslikov M.* Study of cryoprotectoral properties of bio-polysaccharid mixtures in the composition of minced semi-products
- 208 *Zhygunov D., Mardar M., Sots S., Barkovskaya Yu., Zhyhunova G.* Research of technological properties of wheat and spelt grain as raw materials for flour and groats manufacturing
- 218 *Ukrainets A., Bolshak Yu., Svyatnenko R., Prohorenko Z.* Application of physically modified (active) water for improving the efficiency of food production technologies and improving quality of production
- 225 *Iorgachova K., Makarova O., Khvostenko K.* Prospect of the new types of wheat flour usage in the production of refined sugar-free hardtacks
- 236 *Ischenko V., Kochubei-Lytvynenko O., Kvitkovskaya N., Yakiminskaya A., Ischenko M.* Application of molecular absorption and emission spectrometry for determination of falsification of pasteurised milk
- 244 *Nosenko T., Vovk G., Koroluk T., Golubec O.* Influence of the preveous enzymatic treatment of seeds on the composition of press pumpkin oil

MOLECULAR-MASS DISTRIBUTION OF CASEIN PHOSHOPEPTIDES

V. Yukalo, L. Storozh, H. Karpyk

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Key words:

*Casein
Biologically active
phosphopeptides
Molecular-mass
distribution*

Article history:

Received 03.09.2018
Received in revised form
20.09.2018
Accepted 10.10.2018

Corresponding author:

V. Yukalo

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The additional functions of proteins of the casein complex of milk are manifested through the bioactive products of their proteolysis — peptides. Such peptides may affect on the functions of the digestive, cardiovascular, nervous and immune systems of the body. Among the bioactive casein peptides, one of the most important are phosphopeptides. Their main function is to transport provision and absorption of ions of bivalent metals by the body. They can also exhibit other biological effects. Obviously, such beneficial properties are natural or similar to natural phosphopeptides. Such peptides may be formed in conditions that occur in the gastrointestinal tract. When conducting proteolysis in such conditions, an important proof of the identity of the resulting phosphopeptides with natural ones is the molecular-mass distribution. In this regard, the purpose of the work was to characterize the molecular weight distribution of casein phosphopeptides obtained with the reproduction of the conditions of natural proteolysis.

Casein phosphopeptides were obtained as a result of proteolysis of the total phosphoproteins of cow's milk in conditions that occur in the gastrointestinal tract. The molecular weight distribution of the isolated phosphopeptides was determined using gel filtration. In this case, three types of sephadexes were used: G-10, G-15 and G-25. The composition and homogeneity of phosphoprotein substrates were analyzed electrophoretically in an alkaline system of the polyacrylamide gel. As a result of the fulfilled experiments, it was found that the prepared casein phosphopeptides, in the conditions close to proteolytic ones in the gastrointestinal tract, contained 52% of phosphopeptides with molecular weights of 700 to 1500 Da. In this range of the molecular masses, most of the known casein phosphopeptides of cow's milk are found. The obtained results were used during development of biotechnology for the separation of the natural casein phosphopeptides.

МОЛЕКУЛЯРНО-МАСОВИЙ РОЗПОДІЛ КАЗЕЇНОВИХ ФОСФОПЕПТИДІВ

В.Г. Юкало, Л.А. Сторож, Г.В. Карпик

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Додаткові функції протеїнів казеїнового комплексу молока проявляються через біоактивні продукти їх протеолізу — пептиди. Такі пептиди можуть впливати на функції травної, серцево-судинної, нервової та імунної систем організму. Серед біоактивних казеїнових пептидів одними з найважливіших є фосфопептиди. Їх основна функція — забезпечення транспортування і засвоєння організмом іонів двовалентних металів. Також вони можуть проявляти інші види біологічної дії. Очевидно, що такими корисними властивостями володіють природні або аналогічні до природних фосфопептиди, що можуть утворюватися в умовах, які мають місце у шлунково-кишковому тракті. При проведенні протеолізу в таких умовах важливим доказом ідентичності отриманих фосфопептидів природним фосфопептидам є молекулярно-масовий розподіл. У зв'язку з цим мета дослідження полягала в тому, щоб охарактеризувати молекулярно-масовий розподіл казеїнових фосфопептидів, отриманих з відтворенням умов природного протеолізу.

Казеїнові фосфопептиди було отримано в результаті протеолізу загального фосфопротеїну коров'ячого молока в умовах, які мають місце у шлунково-кишковому тракті. Молекулярно-масовий розподіл виділених фосфопептидів визначали за допомогою гель-фільтрації. При цьому було використано три типи сефадексів: G-10, G-15 і G-25. Склад і гомогенність фосфопротеїнових субстратів аналізували електрофоретично в лужній системі поліакриламідного гелю. В результаті було встановлено, що препарат казеїнових фосфопептидів, отриманий в умовах, близьких до умов протеолізу в шлунково-кишковому тракті, містить 52% фосфопептидів з молекулярними масами від 700 до 1500 Да. Цей діапазон молекулярних мас охоплює більшість відомих казеїнових фосфопептидів коров'ячого молока. Отримані результати були використані при розробці біотехнології виділення природних казеїнових фосфопептидів.

Ключові слова: *казеїн, біологічно активні фосфопептиди, молекулярно-масовий розподіл.*

Постановка проблеми. Фосфопротеїни у коров'ячому молоці становлять близько 79%. Їх біологічне значення пов'язане, зокрема, із збереженням стабільного стану значних кількостей іонів кальцію в молоці і сприянням їх ефективному засвоєнню організмом [1]. Залишки фосфату разом з іонами кальцію формують міцелярну структуру, що забезпечує секрецію концентрованих розчинів протеїнів, які містять великі кількості іонів кальцію без коагуляції. Також пориста структура фосфопротеїнів молока добре пропускає травні протеази шлунково-кишкового тракту (ШКТ) [2].

Частина функцій фосфопротейнів проявляється через продукти їх протеолізу ензимами ШКТ — біоактивні фосфопептиди (БАФП) [3]. Окрім ШКТ, велику кількість різних БАФП було знайдено у різних молочних продуктах [4]. Починаючи з досліджень Міленде (1950 р.), у багатьох наукових публікаціях було підтверджено здатність казеїнових фосфопептидів зв'язувати іони макроелементів — кальцію, магнію, феруму, а також мікроелементів — цинку, нікелю, кобальту і селену [5]. Були відкриті інші види біологічної активності для БАФП [6]. Завдяки своїм властивостям казеїнові БАФП викликають значний інтерес як функціональні інгредієнти для харчових продуктів.

Звичайно, що корисної для організму біологічної дії можна сподіватися від природних або аналогічних природним БАФП. Отримання таких БАФП повинно проходити в умовах, які відтворюють процеси протеолізу в ШКТ [7]. У цьому випадку при використанні однакового субстрату (фосфопротейнів казеїнового комплексу), природних протеолітичних ензимів і умов протеолізу молекулярно-масовий розподіл може стати важливим доказом ідентичності отриманих фосфопептидів природним БАФП.

Мета дослідження: характеристика молекулярно-масового розподілу фосфопептидів, отриманих з відтворенням природного протеолізу фосфопротейнів казеїнового комплексу коров'ячого молока.

Матеріали і методи. Для виділення фосфопротейнів казеїнового комплексу використовували свіже знежирене коров'яче молоко кислотністю 18—19°Т. Загальний казеїн отримували потрійним переосадженням в ізоелектричній точці і подальшою інактивацією протеолітичних ензимів молока. Для ідентифікації протеїнів казеїнового комплексу виділяли фракції α_{S1} -CN-8P і β -CN-5P диференційним осадженням з подальшим доочищенням іонообмінною хроматографією на колонках з ДЕАЕ-целюлозою (ДЕАЕ-52, «Serva») [8].

Концентрацію фосфопротейнів казеїнового комплексу молока визначали за допомогою спектрофотометра СФ-46 ($\lambda = 280$ нм). При цьому використовували такі коефіцієнти абсорбції $D_{1\text{ см}}^{1\%}$: 8,2 — для загального казеїну; 10,1 — для α_{S1} -CN-8P і 4,6 — для β -CN-5P.

Гель-фільтрацію фосфопротейнів і продуктів їх протеолізу проводили на колонках з набору для рідинної хроматографії фірми «Reanal». При цьому були використані три типи декстранових гелів (G-10, G-15 і G-25) фірми «Reanal».

Склад і гомогенність фосфопротейнів казеїнового комплексу аналізували з використанням лужної буферної системи у вертикальних пластинках поліакриламідного гелю (ПАГ) [9]. Фіксування і фарбування пластинок гелю проводили загальноприйнятими методами. Денситометрію отриманих електрофореграм здійснювали, використовуючи функцію зчитування зображень *imread* у системі Matlab.

Викладення основних результатів дослідження. Для характеристики молекулярно-масового розподілу були виділені фосфопептиди в результаті протеолізу загального фосфопротейну коров'ячого молока. Умови протеолізу, визначені у [10], максимально відтворюють протеоліз у ШКТ. На електро-

фореграмі (рис. 1) показано результати електрофорезу виділеного фосфопро-
теїнового субстрату (1), отриманих фосфопептидів (2) і високомолекулярних
продуктів протеолізу, які осаджуються при рН 4,6 (3). Видно, що фосфо-
пептиди мають малу молекулярну масу і практично не фіксуються в ПАГ.
Частина осаджених при рН 4,6 продуктів протеолізу, які затримуються в гелі,
є гетерогенною і не утворює чітких смуг.

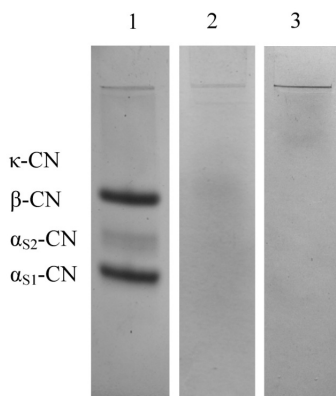


Рис. 1. Електрофреграма казеїну (1), казеїнових фосфопептидів (2) і продуктів протеолізу казеїну, які осаджуються при рН 4,6 (3)

Оскільки розділення протеїнів і пептидів в електрофоретичній системі відбувається за їх зарядом, то отримані результати не можуть бути використані для характеристики молекулярно-масового розподілу. Такі дані можна отримати електрофорезом у ПАГ з додецилсульфатом натрію (ДСН). Проте з літературних даних відомо, що ДСН аномально взаємодіє з фосфопро-
теїнами молока і не дає змоги адекватно визначити їхню молекулярну масу [3]. Тому для визначення молекулярно-масового розподілу фосфопептидів була вибрана ексклюзивна хроматографія.

Метод є відносно малоефективним при фракціонуванні складних сумішей протеїнів і пептидів. Проте, використовуючи комбінацію різних гелів, можна оцінити розподіл пептидів у гідролізатах за молекулярною масою. Враховуючи молекулярні маси відомих природних фосфопептидів, для аналізу були вибрані три найдрібнопористіші сефадекси: G-10, G-15 і G-25 («Pharmacia»). Сефадекс G-25 відносився до типу *fine* (діаметр гранул 20-80 мкм), сефадекси G-10, G-15 характеризувалися діаметром гранул 40-120 мкм. Межа виключення пептидів і глобулярних протеїнів для вибраних сефадексів становить: G-10 — 700 Да; G-15 — 1500 Да; G-25 — 5000 Да.

Ексклюзивну хроматографію проводили в колонках фірми «Reanal» із загальним об'ємом 110 мл. Фосфопептиди розчиняли в оцтовій кислоті (5%), фільтрували і наносили на колонку для ексклюзивної хроматографії. Відбирали по 5 мл елюату в кожну фракцію. Концентрацію фосфопептидів у фракціях визначали спектрофотометрично. Також для кожного сефадексу визначали вільний об'єм з використанням високомолекулярних фосфопро-
теїнових субстратів. Результати ексклюзивної хроматографії показані на рис. 2, 3 і 4.

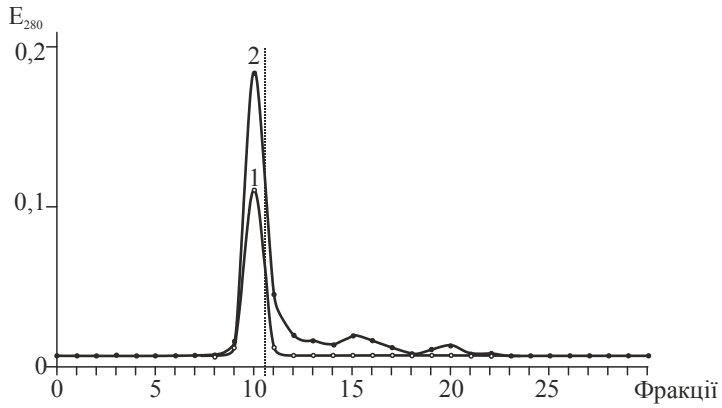


Рис. 2. Хроматограма загального казеїну (1) і фосфопептидів (2), отримана на сефадексі G-10

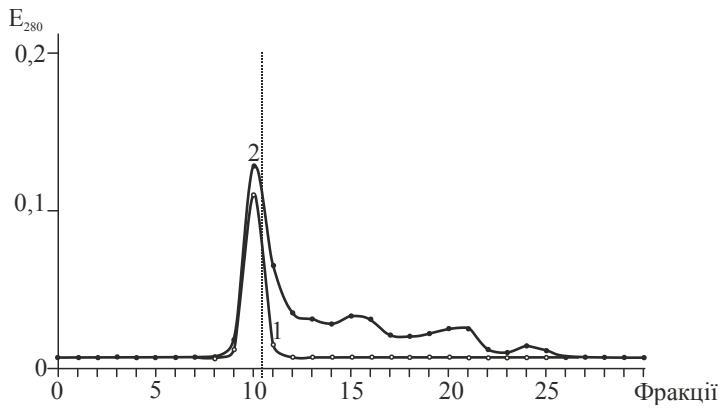


Рис. 3. Хроматограма загального казеїну (1) і фосфопептидів (2), отримана на сефадексі G-15

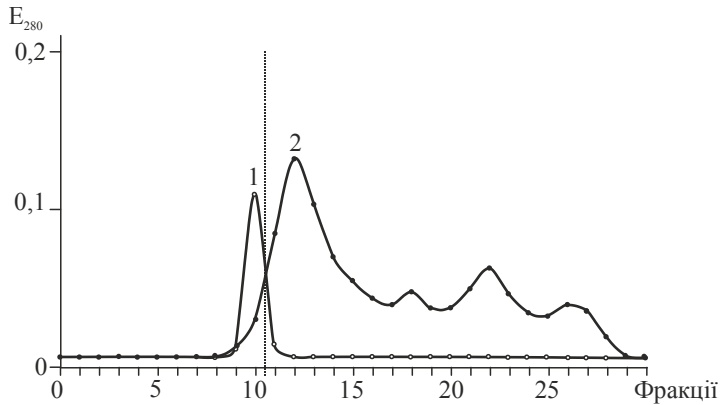


Рис. 4. Хроматограма загального казеїну (1) і фосфопептидів (2), отримана на сефадексі G-25

Усі фракції на хроматограмах у кожному випадку ділили на дві частини, як показано пунктирною лінією на графіках. Отримані фракції пептидів (права частина графіка) об'єднували, висушували при 70°C і зважували. За результатами трьох вимірювань було встановлено відсоток фосфопептидів: масою менше 700 Да; від 700 до 1500 Да; від 1500 до 5000 Да; більше 5000 Да. Результат показаний на рис. 5.

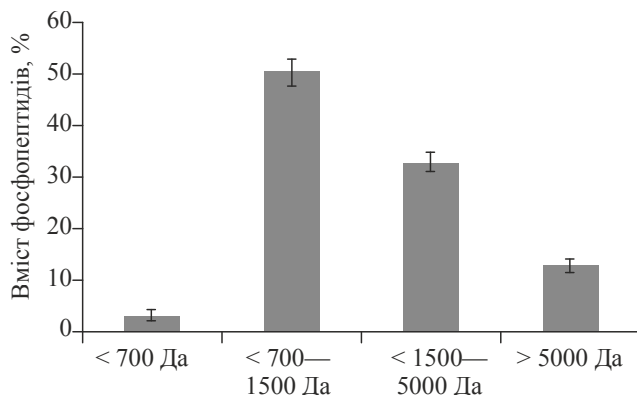


Рис. 5. Молекулярно-масовий розподіл фосфопептидів за даними ексклюзивної хроматографії на сефадексах G-10, G-15 і G-25

Основна частина фосфопептидів за молекулярною масою припадає на діапазон 700—1500 Да. В цьому діапазоні знаходяться відомі природні фосфопептиди (α_{S1} -CN (f44-54)2P, α_{S2} -CN (f55-64)4P, β -CN (f15-25)4P, β -CN (f30-36)1P). Також значна кількість фосфопептидів має молекулярну масу від 1500 до 5000 Да (α_{S1} -CN (f59-79) 5P, α_{S2} -CN (f1-21) 4P, β -CN (f1-25) 4P). Близько 3% казеїнових фосфопептидів є низькомолекулярними з молекулярною масою до 700 Да. Фосфопептиди з молекулярною масою вище за 5000 Да становлять лише 13% від загальної кількості. Природних фосфопептидів з такою молекулярною масою у літературі не описано [4]. Їх наявність у препаратах казеїнових фосфопептидів може бути пов'язана з високою гідрофільністю та зміщенням ізоелектричної точки, внаслідок чого вони не осаджуються при рН 4,6 разом з продуктами обмеженого протеолізу фосфопротеїнових субстратів.

Висновок

Отриманий препарат казеїнових фосфопептидів в умовах, близьких до природного протеолізу в шлунково-кишковому тракті людини, містить 52% фосфопептидів з молекулярними масами від 700 до 1500 Да. В цей діапазон молекулярних мас потрапляє більшість відомих біоактивних казеїнових фосфопептидів коров'ячого молока.

Література

1. Huppertz T. Chemistry of Caseins. In: McSweeney, P.L.H., Fox, P.F. (eds.), *Advanced Dairy Chemistry, Proteins: Basic Aspects*, 4th ed., Vol. 1A. New York: Springer, 2013. P. 130—160.

2. Holt C., Carver J.A., Ecroyd H., Thorn D.C. Caseins and the casein micelle: Their biological functions, structures, and behavior in foods. *J. Dairy Sci.* 2013. V. 96, № 10. P. 6127—6146.
3. Fox P.F., Uniacke-Lowe T., McSweeney P.L.H., O'Mahony J.A. *Dairy Chemistry and Biochemistry* (Second Edition). New York: Springer, 2015. 585 p.
4. Pinto G., Caira S., Cuollo M. et al. Bioactive Casein Phosphopeptides in Dairy Products as Nutraceuticals for Functional Foods. In: *Milk Proteins*, Hurley W.L. (ed.). Croatia: In Tech, 2012. P. 3—44.
5. McSweeney P.L.H., O'Mahony J.A. *Advanced Dairy Chemistry. Volume 1B: Proteins: Applied Aspects*. Fourth Edition. New York: Springer, 2016. 498 p.
6. Myronovskij S., Negrych N., Nehrych T. et al. Isolation and characterization of peptides from blood serum of patients with multiple sclerosis. *Studia Biologica*. 2015. Vol. 9, № 2. P. 5—12.
7. Юкало А.В., Сторож Л.А., Юкало В.Г. Протеїни казеїнового комплексу молока корів (*Bos taurus*) як попередники біологічно активних пептидів. *Біотехнологія*. 2012. Т. 5, № 4. С. 21—33.
8. Yukalo V. Obtaining of casein protein complex from cow milk. *Nutracos*. 2005. № 5. P. 17—19.
9. Yukalo A., Yukalo V., Shynkaryk M. Electrophoretic Separation of the Milk Protein. *Proceeding of the International Conference on Bio and Food Electrotechnologies*, 22—23 October 2009. Compiegne (France). 2009. P. 227—231.
10. Юкало В.Г., Сторож Л.А., Штокало М.О. Визначення умов отримання природних біоактивних казеїнових фосфопептидів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 3(60), Ч. 4. С. 192—200.

BIOTECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE TECHNOLOGY OF FORMING OF LEATHER MATERIALS

A. Danylkovych, V. Lishchuk, O. Okhmat

Kyiv National University of Technologies and Design

Key words:

Biotechnological processes
Soaking-unhairing of leather raw materials
Formation of leather materials
Production of elastic leather

Article history:

Received 06.09.2018
Received in revised form 27.09.2018
Accepted 11.10.2018

Corresponding author:

A. Danylkovych
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Biocatalytic processes are investigated in the paper in order to increase the elasticity of the leather materials by received unhairing and liming semi-finished product that is exposed to proteolytic treatment by enzymes. The aim of this work is to investigate the influence of probiotic bacteria *Bacillus subtilis*, enzymes of pancreatin and Chemizym BH (“Chemipol” company, Poland) on the effectiveness of soaking, unhairing, liming and softening processes in leather production technology. The effectiveness of biochemical reagents in technological solutions and the duration of leather raw materials processing were determined.

Rabbit leather processed by a fresh-dry method of canning in the thickness of 1.2—4.1 mm at the unhairing-liming phase and cattle — a bull-calf processed by a salty-wet method of canning after unhairing-liming and doubling to a thickness of 2.0—2.2 mm were used. The effectiveness of biochemical reagents was determined by evaluation of the chemical composition and physical-mechanical properties of the formed leather semifinished product.

The reduction of duration in the soaking leather raw materials in the technological process was set to double and the 20% reduction of environmentally harmful reagents while liming was established. The developed biotechnology of soaking-liming of leather raw materials makes it possible to combine the implementation of successive processes of leather raw materials alkaline processing into one-stage technological cycle.

For the production of chrome-tanning elastic leather — shoe, including working and military footwear, clothing and haberdashery, it may be considered the expediency to carry out unhairing-liming processes using the enzyme preparation of Chemizym BH at a concentration of 0.3% and 100% water consumption of the half-finished liming product weight during 12 hours with the next one-hour softening.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ШКІРЯНИХ МАТЕРІАЛІВ

А.Г. Данилкович, В.І. Ліщук, О.А. Охмат

Київський національний університет технологій та дизайну

У статті досліджено біокаталітичні процеси відмочування-зоління шкіряної сировини в технології виготовлення еластичних шкір. Мета дослідження полягала в тому, щоб довести ефективність використання бактерій *Bacillus subtilis* і ензимів панкреатину та ChemizumBH (фірма «Chemipol», Польща) у підготовчих процесах формування шкіряних матеріалів.

Для дослідження використано шкуру кроля прісно-сухого методу консервування товщиною 1,2—1,4 мм на стадії зневолошування-зоління та сировину великої рогатої худоби — бичка мокросолоного методу консервування після зневолошування-зоління і двоїння на товщину 2,0—2,2 мм. Ефективність біохімічних реагентів визначено шляхом оцінювання хімічного складу і фізико-механічних властивостей сформованого шкіряного напівфабрикату.

У результаті дослідження встановлено скорочення тривалості технологічного процесу відмочування шкіряної сировини вдвічі та зменшення на 20% витрат екологічно небезпечних реагентів при золінні. Розроблена біотехнологія відмочування-зоління шкіряної сировини дає можливість об'єднати виконання послідовних процесів лужного оброблення шкіряної сировини.

Реалізацію технологій зневолошування-зоління з використанням ферментного препарату Chemizum BH за концентрації 0,3% та витраті води 100% маси зеленого напівфабрикату впродовж 12 год з подальшим одноденним м'якшенням у виробничих умовах можна вважати перспективною для виробництва еластичних шкір хромового дублення — взуттєвих, у тому числі для робочого і військового взуття, одягових і галантерейних.

Ключові слова: біотехнологічні процеси, відмочування-зневолошування шкіряної сировини, формування шкіряних матеріалів, виробництво еластичних шкір, фізико-хімічні властивості.

Постановка проблеми. Технології формування шкіряних матеріалів характеризуються багатостадійністю, складністю їх виконання і техногенністю на окремих стадіях. Особливо це проявляється на стадії отримання зневолошеного шкіряного напівфабрикату, коли консервована колагенвісна сировина піддається відновленню структури під дією водних розчинів лужних реагентів за наявності ензимів класу гідролаз [1] з подальшим руйнуванням зв'язків м'яких кератинів епідермісу і волосяних сумок, які розташовані в сосочковому шарі дерми, під дією сульфідно-вапняного розчину. Ефективність ензимних препаратів цього типу обумовлена їх прискороною каталітичною дією щодо реакції розщеплення зв'язків — амідних, естерних, пептидних, у яких карбоксильні групи належать основним амінокислотам лізину й аргініну колагену. При цьому структура дерми шкір тварин звільняється не тільки від консервуючих реагентів, але й від глобулярних білків, частково від мукополі-

сахаридів і ліпідів. У подальшому напівфабрикат з підвищеним вмістом вологи завдяки зв'язаним з колагеном іонам кальцію обробляється надлишковою кількістю сульфату амонію при знезолуванні напівфабрикату з утворенням подвійної солі сульфату кальцію, що має підвищену розчинність у воді.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ензимні препарати широко застосовуються у різних технологічних обробленнях [2]. Відоме використання ензимних препаратів у відмочувально-зольних процесах технологій виробництва еластичних шкіряних матеріалів [3], зокрема для процесу зневолошування використано ензимний препарат протосубтилін Г10х [4], тоді як процес знезолування може бути здійснений за допомогою ензимів LITHUDAC L і Novo Bate WB, які активні в кислому середовищі [5]. Для знежирювання та підвищення ефективності цих процесів можуть бути використані лужні ліпази або комбінація лужних протеаз і ліпази [6]. Протеолітичні ензими і трипсин рекомендується використовувати для деструкції вторинних ресурсів, що утворюються у виробництві хромових шкір. Технологія оброблення шкур прісно-сухого методу консервування на стадії відмочування передбачає застосування ензимних препаратів, таких як мальтаваморин Г10х, пектофоетидін П10х, амілосубтилін Г3х [7], що дає змогу не тільки скоротити тривалість циклу відмочування технологічного процесу, але й знизити дефектність шкур при їх механічних обробленнях завдяки підвищенню пластичності шкірної тканини. Слід зауважити, що використання препаратів високого ступеня очищення (як 10х) недоцільно практично застосовувати у хутровому і шкіряному виробництвах, хоча це дає можливість прецезійно регулювати технологічний процес.

Використання ензимних препаратів протосубтиліну Г3х, пектофоетидіну П10х, мальтаваморину Г10х для відмочування [8] та пектоаваморину П10х і пектофоетидіну П10х разом з ПАР для оброблення овчин з ущільненою шкірною тканиною значних розмірів понад 90 кв. дм прискорює видалення ліпідів та забруднень білкової і вуглеводної природи з волосяного покриву й шкірної тканини. При цьому ПАР забезпечує диспергуючий ефект щодо продуктів біодеструкції неколагенових складових дерми під час механічних впливів на сировину. Такі препарати протеазної і глікозидазної дії можна використовувати для отримання поліфункціональних шкіряних матеріалів з сировини з підвищеним вмістом жиркових речовин. При ензимному обробленні ці препарати забезпечують руйнування мембран жиркових клітин і емульгування їх вмісту. При цьому активність ензимів суттєво залежить від рН середовища. Зокрема, ліпаваморин Г3х проявляє ліполітичну активність в інтервалі рН 5,5—8, протосубтилін Г3х має максимальну протеолітичну активність за рН 7,5—8 і зберігає 80% активності в інтервалі рН 6,5—9, а препарат протосубтилін Г10х проявляє максимум протеолітичної активності за вищих значень середовища робочих розчинів, але з підвищенням лужності до рН 12,5 його активність знижується на 60—70%. Слід відзначити, що ензимний препарат Tanneryzyme зберігає понад 90% протеолітичної активності в інтервалі рН 9—12 і може бути використаний при зневолошуванні-золінні шкіряної сировини.

Оптимум активності ензимних препаратів суттєво залежить від температура робочих розчинів. Зокрема, оптимальна протеолітична активність протосубтиліну Г3х проявляється за температури 40—50°C, а за 30 та 65°C його хімічна активність знижується вдвічі. Тоді як оптимальна дія ліпаваморину Г3х проявляється за температур 35—37°C і, відповідно, за 20 і 55°C його активність знижується на 30% і повністю інактивується. Температурний оптимум для протомезентерину Г3х досягається за 60—65°C, а за 35—37°C його активність знижується на 44%.

Біотехнологічна активність ензимних препаратів також суттєво залежить від наявності у робочому розчині супутніх реагентів — хлориду і сульфіді натрію, гідроксиду кальцію, сульфату амонію тощо. З підвищенням або зниженням їх вмісту протеолітична активність ензимних препаратів змінюється. Так, встановлено зниження протеолітичної активності протосубтиліну Г10х [3] за наявності хлориду натрію або сульфату амонію на 10—15%, гідроксиду кальцію — на 5%, а карбонат натрію позитивно впливає на протеолітичну активність лужних протеїназамінів. Активність ензимного препарату актиноміцету Ш, який має два максимуми протеолітичної активності, за наявності хлориду амонію чи хлориду натрію, сульфату, сульфіту або гідросульфіді натрію знижується в середньому на 10—15%. Слід відзначити, що ензимні препарати не можуть використовуватись при сульфідно-вапняному обробленні шкіряної сировини, оскільки за наявності сульфіді натрію майже повністю втрачається протеолітична активність досліджених ензимів.

Проведений аналіз літературних джерел свідчить про використання в технологіях виробництва шкір широкого асортименту біохімічних препаратів, активність яких суттєво залежить як від умов технологічного процесу, так і від хімічного складу супутніх реагентів. Для зниження собівартості шкіряних матеріалів доцільно використання на стадіях зневолошування і м'якшення бактеріальних препаратів, які самі продукують ензими різного типу, антибіотики та інсектициди, що мають здатність існувати за умов відсутності кисню і живлять органічні та неорганічні сполуки тощо. Диференціація виділення ензимів є досить трудомістким і високовартісним процесом. Також для очищення стічних вод шкіряного виробництва хромових шкір використовуються бактеріальні препарати.

Тож комплексне використання розширеного асортименту бактеріальних препаратів та ензимів у технологічних процесах виготовлення еластичних шкіряних матеріалів можна вважати актуальним. Враховуючи високу дезструктивну активність препаратів [2], їх використання вимагає оптимального і ретельного контролю технологічних параметрів при відповідних обробленнях.

Мета статті: дослідження впливу бактерій *Bacillus subtilis* і ензимів панкреатину та Chemizum ВН (фірма «Chemipol», Польща) на ефективність проведення процесів відмочування, зневолошування, зоління й м'якшення в технології виробництва шкіряного матеріалу.

Викладення основних результатів дослідження. Для підвищення еластичності шкіряних матеріалів отриманий зневолошений і знезолений напів-

фабрикат піддається протеолітичній дії ензимами в процесі м'якшення. При цьому відбувається подальше видалення мукополісахаридів з поверхні волокнистих структурних елементів дерми. Для ефективного проведення цих процесів необхідно оптимізувати режим ензимного оброблення з метою усунення деструкції колагену дерми. При виборі ензимних препаратів для прискорення фізико-хімічних процесів відмочування, знежирювання, зневолошування, м'якшення суттєве значення мають умови консервування сировини і цільове її використання. Про високу деструктивну властивість аеробних бактерій свідчить їх широке застосування у різних технологічних розробках [2].

У дослідженні використані шкури кроля прісно-сухого методу консервування товщиною 1,2—1,4 мм на стадії зневолошування-зоління та великої рогатої худоби — бичка мокросоленого методу консервування після зневолошування-зоління і двоїння на товщину 2,0—2,2 мм. Як біохімічні реагенти застосовано бактерії *Bacillus subtilis*, синтезовані на м'ясному бульйоні в Інституті колоїдної хімії і хімії води імені А.В. Думанського НАН України, препарат панкреатин, який містить ряд протеолітичних ензимів [3] — протеїнази і пептидази, основним з яких є протеїназа трипсин, а також ліпазу, амілазу й еластазу. Крім того, використано ензимний препарат Chemizum ВН з активністю 10 од./мг за температури 32—37°C і рН середовища 7,8—8,5.

Ефективність біохімічних реагентів визначали шляхом оцінювання хімічного складу і фізико-механічних властивостей сформованого шкіряного напівфабрикату. Зокрема, ефективність дії ферментного препарату панкреатину визначали за кількістю витопленого желатину із знезоленої та знезоленої м'якшеної голини (зневолошений напівфабрикат з підвищеним вмістом вологи) [3]. Попереднє підготовлення зразків напівфабрикату для сорбційно-дифузійних досліджень щодо води проводилась їх спиртово-ефірним зневоднюванням. Для дифузійних і фізико-механічних досліджень зразки були стандартизовані за нормальних умов. Фізико-механічні показники напівфабрикату визначали на розривній машині РТ-250М при швидкості деформування зразків 90 мм/хв.

Для отримання еластичних шкіряних матеріалів зневолошений і знезолений напівфабрикат підлягає протеолітичній дії ензимів у процесі м'якшення. На основі попередніх експериментів встановлено доцільність заміни в технологічних розчинах процесу відмочування шкіряної сировини хлориду натрію на сульфат натрію сумісно з препаратом *Bacillus subtilis*. Про ефективність дії бактерій *Bacillus subtilis* свідчить підвищення ступеня обводнення і використання сполук хрому (III) порівняно з контрольним варіантом, відповідно, на 3,6 і 33,8% (табл. 1, 2).

Відмочування шкурок кроля (табл. 1) проводили в лабораторних умовах за трьома варіантами в межах температури 36—38°C і рН робочого розчину 6,7—7,0 при витраті препарату *Bacillus subtilis* 15 мл/л технологічного розчину, який взято у співвідношенні до маси сировини 4:1 (рідинний коефіцієнт дорівнює чотирьом). Тривалість процесу відмочування визначалась за ступенем поглинання технологічного розчину шкірною тканиною, який мав бути не меншим, ніж у зразка, обводненого за контрольною технологією (варіант 3).

Таблиця 1. Відмочування шкурок кроля

Варіант	Реагент, г/л	Тривалість, годин	Ступінь обводнення, %	Міздріння після	М'якшення, годин
1	Na ₂ SO ₃ — 8 ПАР — 1	12—13	65,8	зоління	1,0—1,5
2	Na ₂ SO ₃ — 8 ПАР — 1	24	68,5	зоління	0,9—1,0
3	NaCl — 10 ПАР — 1	24—26	64,9	відмочування	1,0—1,5

Зневолошування шкурок кроля (крім другого варіанта) проводили намазним способом. У другому варіанті волос видалявся механічним способом після додаткового відмочування шкурок протягом 28 годин за наявності препарату *Bacillus subtilis*. Наступне зоління отриманого зневолошеного напівфабрикату всіх варіантів виконували у сульфідно-вапняному розчині при РК = 1. За контрольною обробкою витрати гідросульфиду і сульфиду натрію відповідно становлять 0,3 і 0,6%, а гідроксиду кальцію — 1,2% маси зневолошеного напівфабрикату. При цьому витрати хімічних реагентів у першому і другому варіантах зменшено на 20% порівняно з контрольним. Підшкірна клітковина видалялась при міздрінні дослідних зразків після зоління, а у контрольних — перед зневолошуванням. Наступні технологічні процеси отриманого напівфабрикату виконували за промисловою технологією.

У технологіях перероблення консервованих шкур тварин процес обводнення пов'язаний з наближенням ступеня гідрофільності дерми шкур до стану «свіжої» шкури. Це обумовлено необхідністю збільшення міжмакромолекулярних проміжків для ефективної дифузії хімічних реагентів в об'єм дерми до центрів взаємодії. Тривалість процесу обводнення за першим варіантом була вдвічі меншою, тоді як при однаковій тривалості ступінь обводнення для другого варіанта підвищується. Скорочення тривалості процесу відмочування зумовлене активною дією бактерій *Bacillus subtilis* при однаковому хімічному складі технологічних розчинів першого і другого варіантів оброблення сировини.

Процес зневолошування у першому варіанті й контрольному здійснюється з використанням сульфідно-вапняної намазної суміші за температури 36—38°C, а у другому варіанті — завдяки дії екологічно безпечного бактеріального препарату. При цьому м'якшений напівфабрикат у всіх варіантах оброблення мав шовковисту поверхню на дотик. Однак тривалість процесу м'якшення напівфабрикату другого варіанта була зменшена на 33%.

За даними хімічного аналізу (табл. 2), вміст сполук хрому в шкіряному напівфабрикаті першого і другого варіантів несуттєво відрізняється від контрольного, однак концентрація оксиду хрому (III) у відпрацьованому розчині другого варіанта була суттєво меншою. Слід відмітити, що гідротермічна стійкість напівфабрикату цього варіанта досягала максимального значення. Це можна пояснити більш ефективним проходженням процесу дефібриляції

колагену дерми у відмочувально-зольних процесах під дією бактерій *Bacillus subtilis* ще на стадії зневолошування.

Таблиця 2. Фізико-хімічні властивості структурованого напівфабрикату дослідних технологій

Показник	Варіант		
	1	2	3
Вміст у напівфабрикаті, % в перерахунку на абсолютно суху речовину: оксиду хрому (III)	3,3	3,7	3,4
речовин, що екстрагуються органічними розчинниками білкової речовини	7,1	6,9	6,2
Концентрація Cr_2O_3 у відпрацьованому розчині, г/л	86,4	87,2	87,5
Гідротермічна стійкість, °C	1,47	1,31	1,98
Уявна питома маса, г/см ³	101	104	101
Об'ємний вихід, см ³ /100 г білкової речовини	0,61	0,59	0,71
Межа міцності при розриві, МПа	185,4	190,0	157,4
Видовження при напруженні 10 МПа, %	14,0	14,5	13,0
Видовження при розриві, %	32,0	33,0	29,0
Межа міцності лицьового шару, МПа	50,0	53,0	47,0
	11,6	12,3	10,0

Гідротермічна стійкість напівфабрикату, одержаного за різними технологіями, змінюються симбатно вмісту оксиду хрому (III). При цьому структура дерми, що має значну пористість, є максимально сформованою порівняно з іншими варіантами оброблення. Аналогічним чином змінюється і об'ємний вихід шкіряного напівфабрикату, який досягає максимального значення для зразків другого варіанта.

Відповідно до ступеня структурування і стабілізації колагену дерми спостерігається зміна як межі міцності шкіряного напівфабрикату та його лицьового шару, так і деформаційних властивостей, отриманого за дослідженими варіантами. При цьому найбільш високі значення міцностно-деформаційних показників має структурований напівфабрикат, одержаний за технологією другого варіанта. Особливо це стосується міцності лицьового шару, що свідчить про найбільшу рівномірність і рівноважність проходження процесу дублення, структурно підготовленого ефективним проведенням попередніх технологічних процесів дерми шкурок кроля завдяки дії бактерій *Bacillus subtilis*.

Детальне дослідження процесу м'якшення шкіряного напівфабрикату з сировини великої рогатої худоби — бичка, проводили з використанням ензимного препарату панкреатину після зоління і знезолування. Як свідчать одержані результати кінетичного дослідження, збільшення тривалості зоління з 5 до 12 діб супроводжується зростанням кількості витопленого желатину зі знезоленого напівфабрикату в 2,8 і 3,4 раза, відповідно, для огузка і поли (табл. 3). Цей ефект підсилюється при підвищенні концентрації панкреатину з 0,6 до 2,2 г/л. При цьому кількість витопленого желатину збільшується на 18,7 і 27,4%, відповідно, для огузка і поли. Це свідчить про руйнування не тільки міжмолекулярних зв'язків у структурі колагену дерми, але й часткову деструкцію його поліпептидних ланцюгів.

Таблиця 3. Кінетика витоплення желатину з різних топографічних ділянок м'якшеного напівфабрикату

Ділянка напівфабрикату	Тривалість зоління, діб	Витоплення желатину, % маси сухого залишку напівфабрикату			
		знезеленого	м'якшеного, годин		
			1	2	3
Огузок	5	3,0	<u>8,7</u> 14,9	<u>7,1</u> 14,5	<u>5,7</u> 14,2
	12	8,3	<u>12,4</u> 27,4	<u>12,7</u> 28,4	<u>12,4</u> 28,8
Пола	5	4,0	<u>12,1</u> 23,8	<u>11,7</u> 23,1	<u>11,4</u> 18,7
	12	13,5	<u>34,0</u> 41,2	<u>29,9</u> 37,5	<u>29,8</u> 36,7

Примітка. Витрата панкреатину при м'якшенні в чисельнику і знаменнику, відповідно, 0,6 і 2,2 г/л.

При суттєвому зменшенні концентрації ферментного препарату панкреатину в технологічному розчині за його витрати 0,05 % маси зеленої голини й відповідному зниженні активності та концентрації в робочому розчині (табл. 4) виявляється недостатній ступінь м'якшення при співвідношенні маси напівфабрикату до технологічного розчину як 1:3, а витоплення желатину різко зменшується. Бажаний ступінь м'якшення голини досягається за витрат води 100—200% зеленої маси та кількості витопленого желатину 8,9—12,1%. Слід відзначити, що зменшення витрати води до 100% сприяє підвищенню ступеня витоплення желатину і надає можливість одержати структурований напівфабрикат з комплексом підвищених фізико-механічних і санітарно-гігієнічних властивостей.

Таблиця 4. Ефективність м'якшення знезеленої голини

Витрата води, % маси голини	Витоплення желатину, % сухого залишку м'якшеної голини	Пром'якшеність голини за органолептичною оцінкою
100	12,1	хороша
200	8,9	задовільна
300	7,7	недостатня
400	7,4	незадовільна

Дослідження пошарового витоплення желатину з голини після зоління протягом 3 діб за концентрації ензимного препарату 2,2 г/л і температури 35—37°C (табл. 5) показує, що витоплення желатину з сосочкового шару знезеленої голини в 3,6 раза перевищує цей показник для сітчастого шару дерми.

Таблиця 5. Пошарове витоплення желатину з м'якшеної голини панкреатином

Напівфабрикат	Витоплення желатину, % сухого напівфабрикату, з шару	
	сосочкового	сітчастого
знезелений	16,9	4,7
м'якшений 1 год	93,6	34,8
м'якшений 3 год	99,5	36,1

Як видно з табл. 5, після м'якшення голини протягом 1 год витоплення желатину суттєво зростає і за три години оброблення панкреатином цей показник для сосочкового шару дерми наближається до 100%, тоді як для сітчастого шару досліджуваній ефект виражений у 2,7 раза слабше. Отже, після зоління голини протягом 5 діб майже весь колаген сосочкового шару дерми перетворюється у желатин, за винятком базальних мембран.

У процесі подальших досліджень у промислових умовах приватного АТ «Чинбар» для м'якшення знезоленої голини був використаний ензимний препарат Chemizum ВН за витрати 0,3% та води 100% маси зеленого напівфабрикату (табл. 6). Як свідчать одержані результати, м'якшена голина порівняно зі знезоленою характеризується підвищеними показниками пористої структури, зокрема питомою поверхні, що досягає 22%. Це можна пояснити ефективним звільненням структури колагену дерми від мукополісахаридів та інших неколагенових структурних компонентів унаслідок руйнування міжструктурних зв'язків з поліпептидними ланцюжками біополімеру, навіть таких міцних, як іонні та ковалентні.

Таблиця 6. Сорбційно-дифузійні властивості м'якшеного напівфабрикату

Показник	Напівфабрикат	
	знезолений	м'якшений
Пористість, %	57,0	66,0
Максимальна сорбція водяної пари, %	48,0	57,0
Гігроскопічність, %	54,0	63,0
Питома поверхня, м ² /г	112,0	137,0
Капілярна волога при обводненні, %	89,0	106,0
Паропроникність, мл/(см ² ·год), з боку		
бахтарми	12,0	15,0
лицьового	3,5	6,0
Повітропроникність, мл/(см ² ·год), з боку		
бахтарми	690,0	910,0
лицьового	570,0	690,0

З наведених даних видно, що процес м'якшення знезоленої голини супроводжується суттєвим підвищенням повітро- і паропроникності напівфабрикату. Слід зауважити, що дифузія парів води відбувається шляхом послідовного проходження процесів сорбції і десорбції молекул води на елементах структурованого біополімеру. Відмінність між процесами дифузії повітря і парів води з бахтарм'яного і лицьового боків пояснюється наявністю відкритих пор значного розміру з бахтарм'яного боку напівфабрикату, які утворюються при двойнній знезолених напівфабрикату. При цьому зростання пористості структури напівфабрикату після м'якшення супроводжується збільшенням гігроскопічності й сорбції водяного пару, що важливо для комфортної експлуатації шкіряних виробів.

Ефективність процесу м'якшення голини також виявляється в специфіці кінетики змін комплексу фізико-механічних показників (табл. 7). Зокрема, після одногодинного м'якшення знезоленого напівфабрикату міцність як структурованого напівфабрикату при розриванні, так і його лицьового шару

підвищується порівняно зі знезоленим на 21 %, але збільшення тривалості м'якшення голини до трьох годин сприяє наближенню цього показника до значення знезоленого напівфабрикату, що вказує на ослаблення міжволоконних зв'язків дерми внаслідок тривалішої дії ензиму. Одночасно з цим відбувається підвищення деформаційних показників структурованого напівфабрикату. Цим же ефектом зумовлена висока залишкова деформація, що сприяє зменшенню витрат шкіряного матеріалу при формуванні виробів.

Таблиця 7. Фізико-механічні властивості структурованого напівфабрикату

Показник	Напівфабрикат			
	знезолений	м'якшений, год		
		1	2	3
Межа міцності при розриванні, МПа	12,0	14,5	13,7	12,4
Поява тріщини лицьового шару, МПа	10,2	14,5	13,7	12,4
Видовження при напруженні 10 МПа, %	23,0	31,0	35,0	42,0
Видовження при розриванні, %	36,0	47,0	52,0	64,0
Залишкове видовження, %	6,0	11,0	14,0	23,0

Отже, м'якшення знезоленої голини з використанням ензимного препарату Chemizum ВН з витратою 0,3% її зеленої маси протягом однієї години забезпечує оптимальний комплекс експлуатаційних властивостей і підвищену еластичність лицьового шару шкіряного напівфабрикату.

Висновки

Досліджено біотехнологічні процеси в технології формування шкіри з шкіряної сировини з використанням бактерій *Bacillus subtilis* та ензимних препаратів панкреатину і Chemizum ВН. Встановлено скорочення тривалості технологічного процесу відмочування шкіряної сировини вдвічі та зменшення на 20% витрати екологічно шкідливих реагентів при її золінні. Для ефективного формування структури і властивостей поліфункціональних шкіряних матеріалів необхідно підтримувати оптимальне співвідношення між тривалістю процесів зоління і м'якшення залежно від технологічного режиму оброблення сировини.

Розроблена біотехнологія відмочування-зоління шкіряної сировини надає можливість об'єднати виконання послідовних процесів лужного оброблення колагенвмісної сировини в одностадійний технологічний цикл. Така технологія забезпечує формування еластичного шкіряного матеріалу з комплексом високих фізико-механічних і санітарно-гігієнічних властивостей.

Для виробництва еластичних шкір хромового дублення — взуттєвих, у тому числі для робочого і військового взуття, одягових і галантерейних можна вважати доцільним проведення процесів зневолошування-зоління з використанням ферментного препарату Chemizum ВН при концентрації 0,3% та витраті води 100% маси зеленого напівфабрикату впродовж 12 год з подальшим одногодинним м'якшенням.

Показано, що розроблений процес зневолошування шкіряної сировини, завдяки використанню бактерій *Bacillus subtilis* може проводитись за відсутності екологічно шкідливих реагентів при скороченні тривалості процесу

м'якшення на 30—33% порівняно з трудомісткою сульфідно-вапняною технологією, що передбачає зневолошування намазним способом.

Використання біохімічних реагентів у технологіях виробництва поліфункціональних еластичних матеріалів забезпечить ефективне використання хімічних реагентів і суттєве зменшення вмісту екологічно шкідливих речовин у стічних водах.

Література

1. Urushadze Z. About a Real Conceptual Framework for Enzyme Catalysis. *Bull. Georgian Natl. Acad. Sci.* Vol. 173, No 2. 2006. P. 421—424.
2. Su Li. Ziran kexue ban / Su Li, Zhang Zhihong, Xiao Xianzhi, Wang Xiaomin // *J. Wuhan Univ. Natur. Sci. Ed.* 1996. V. 42. N 4. P. 516—518.
3. Шестакова И.С., Моисеева Л.В., Миронова Т.Ф. Ферменты в кожевенном и меховом производстве. Москва: Легпромбытиздат, 1990. 128 с.
4. Суховеркова А.М., Антипова Л.В., Косенко И.С., Василенко О.А. Современные методы получения обеззоленных шкур кролика. *Современные проблемы науки и образования.* 2009. № 3, Ч. 2. С. 74—75.
5. Širvaitytė, Justa. Bating of pelts after deliming with peracetic acid / Justa Širvaitytė, Virgilijus Valeika, Kęstutis Beleška, Violeta Valeikienė. *Proc. Estonian Acad. Sci. Chem.* 2006. Vol. 55. P. 93—100.
6. Altan Afsar, Cetinkaya Fatma Studies on the degreasing of skin by using enzyme in liming process. *Indian Journal of Chemical Technology.* 2008. Vol. 15. P. 507—510.
7. Единая технология обработки шкур кроля / утв. И.Г. Гриценко. Москва: ЦНИИТЭИлегпром, 1990. С. 13, 29, 45.
8. Технология обработки меховых овчин / утв. А.А. Бирюков. Москва: ЦНИИТЭИлегпром, 1990. С. 85, 167, 169, 197.

PECULIARITIES OF USE OF THE COMPOSITIONS BASED ON BIOTECHNOLOGY PRODUCTS FOR ROOTING OF THUJA CUTTINGS

V. Shvets, O. Karpenko

*Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels InPOCC, National Academy
of Sciences of Ukraine*

V. Novikov, V. Lubenets

Lviv Polytechnic National University

Key words:

Thuja occidentalis L.
Alylthiosulfanilate
Etilthiosulfanilate
Rhamolipid biocomplex
Trehalose lipid
surfactants
compositions
Stubby cuttings rooting

Article history:

Received 03.09.2018

Received in revised form
27.09.2018

Accepted 15.10.2018

Corresponding author:

V. Shvets

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The effectiveness of the compositions based on thiosulfonates and environmentally safe surface-active rhamnolipid biocomplex (at various ratios) on rooting of stubby cuttings of *Thuja occidentalis* L. have been established. Thuja is one of the most important plant in modern ornamental horticulture.

The starting material for the reproduction of *Thuja occidentalis* L. was stubby cuttings of the uterine brood plants of the age of about 20 years. The harvested stubby cuttings of thuja (10—15 cm long) were soaked in prepared solutions of the biosurfactants, biocides and their compositions during 12 hours. The using preparations: rhamonolipid biocomplex — the biosynthesis product of the strain *Pseudomonas* sp. PS-17, trehalose lipid surfactants of the strain *Rhodococcus erythropolis* Au-1, biocides-thiosulfonates: allylthiosulphanyl and ethylthiosulfanilate, as well as compositions based on them in ratios 1:1 and 2:1 and the commercial phytohormone for rooting promotion — indolyl-3-acetic acid).

It was found that the best result of *Thuja occidentalis* L. rooting was obtained when the composition alitythiosulfanilate and rhamonolipid biocomplex in the ratio 1:1 were used: the rooting efficiency of cuttings of planting material has been increased by 50% compared to the control. The obtained results indicate the prospects of using the created compositions based on the thiosulfonates and the biogenic surfactants as rooting stimulators in environmentally safe technologies for modern ornamental horticulture.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ ПРОДУКТІВ БІОТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ УКОРІНЕННЯ ЖИВЦІВ ТУЇ ЗАХІДНОЇ

В.В. Швець, О.В. Карпенко

Відділення фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка
НАН України

В.І. Лубенець, В.П. Новіков

Національний університет «Львівська політехніка»

У статті доведено ефективність композицій на основі біоцидів-тіосульфонатів і екологічно безпечного поверхнево-активного рамноліпідного біокомплексу (за різних співвідношень) при укоріненні здерев'яних живців туї західної (*Thuja occidentalis* L.) — однієї з важливих у вітчизняному декоративному садівництві рослин.

Вихідним матеріалом для розмноження туї західної (*Thuja occidentalis* L.) були стеблові здерев'янілі живці маточних рослин туї західної, вік яких близько 20 років. Заготовлені задерев'янілі живці туї довжиною 10—15 см на 12 годин занурювали у підготовлені дослідні розчини: рамноліпідного біокомплексу — продукту біосинтезу штаму *Pseudomonas* sp. PS-17, трегалозоліпідних поверхнево-активних речовин штаму *Rhodococcus erythropolis* AU-1 біоцидів-тіосульфонатів алілтіосульфанілату і етилтіосульфанілату та композицій на їх основі у співвідношеннях 1:1 і 2:1. Для порівняння використовували комерційний фітогормон для коренеутворення — індоліл-3-оцтову кислоту.

Встановлено, що найкращий результат укорінення туї західної отримано за використання композиції алілтіосульфанілату та біоПАР у співвідношенні 1:1. Це дало змогу підвищити ефективність укорінення живців садивного матеріалу *Thuja occidentalis* L. на 50% порівняно з контролем. Одержані результати вказують на перспективність використання композицій на основі біоцидів-тіосульфонатів і біогенних ПАР як стимуляторів коренеутворення в екологічно безпечних технологіях для сучасного декоративного садівництва.

Ключові слова: туя західна (*Thuja occidentalis* L.), алілтіосульфанілат, етилтіосульфанілат, рамноліпідний біокомплекс, трегалозоліпіди, здерев'янілий живець, живцювання.

Постановка проблеми. В наш час для задоволення зростаючих потреб у посадковому матеріалі декоративних культур, до яких належить *Thuja occidentalis* L., постає питання розроблення технологій укорінення саджанців цих рослин [1]. У зв'язку із значним збільшенням обсягів вирощування садивного матеріалу у вітчизняному декоративному розсадництві суттєво зросла потреба в ефективних біологічно активних речовинах для стимулювання коренеутворення живців. Натепер посадковий матеріал туї, доступний покупцеві, в

основному має закордонне походження, в Україні здійснюється лише доорощування, що й зумовлює його високу ціну [2]. Основними перешкодами на шляху до промислового виробництва садивного матеріалу туї є потреба у дорогих стимуляторах коренеутворення та теплицях із туманоутворюючою установкою, в яких можна буде регулювати вологість і температуру повітря [3].

Як показує досвід зарубіжних і провідних вітчизняних розсадників, використання синтетичних і природних регуляторів росту з фітогормональною активністю не тільки стимулює укорінення живців, а й сприяє збільшенню виходу кореневласних саджанців, підвищенню якості вихідного садивного матеріалу та зменшенню його технологічної собівартості [4].

Тому нині є нагальна необхідність створення композицій нового покоління — зручних для застосування, які можуть знижувати дію несприятливих факторів довкілля, а також зводити до мінімуму негативну дію ґрунтових фітопатогенів і таким чином стимулювати укорінення. Водночас вони мають бути нешкідливими для навколишнього середовища.

З попередніх досліджень відома рістрегулююча дія й антимікробна активність тіосульфонатів, які є структурними аналогами біоциду аліцину — активної антимікробної речовини часнику і цибулі [5]. Проте ці сполуки характеризуються низькою розчинністю у воді, що ускладнює їх використання як потенційних препаратів. Цю проблему можна вирішити шляхом розроблення композицій тіосульфонатів з біогенними поверхнево-активними речовинами (біоПАР), що сприяють їх солюбілізації, підвищенню ефективності та зменшенню робочих концентрацій біоцидів, що важливо з економічної й екологічної точки зору. Доцільність використання біоПАР зумовлена їх особливими властивостями (поверхнева й емульгувальна активність, змочування поверхонь, вплив на проникність клітинних мембран), що визначає їх перспективи для створення комплексних препаратів з різними біологічно активними речовинами, у тому числі слабorozчинними тіосульфонатами [6].

Метою статті є дослідження процесу укорінення живців туї західної з використанням композицій алілтіосульфанілату й етилтіосульфанілату з біоПАР (рамноліпідним біокомплексом і трегалозоліпідними ПАР), підбір їх оптимальних співвідношень, а також доцільності їх застосування в агротехнологіях вирощування туї західної *Thuja occidentalis* L.

Матеріали і методи. Дослідження особливостей укорінення живців туї західної (*Thuja occidentalis* L.) проводили у Відділі фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка Національної академії наук України за вегетаційний період (2017—2018 рр.).

Вихідним матеріалом для розмноження *Thuja occidentalis* L. були стеблові здерев'янілі живці, заготівля живцевого матеріалу проводилась вранці [7]. Для живцювання використовували маточні рослини *T. occidentalis* L. віком близько 20 років. Заготовлені задерев'янілі живці туї довжиною 10—15 см (рис. 1) на 12 годин занурювали у підготовлені розчини: рамноліпідного біокомплексу (РБК), 0,01 г/дм³ — продукту біосинтезу штаму *Pseudomonas* sp. PS-17, трегалозоліпідних ПАР штаму *Rhodococcus erythropolis* AU-1 (ТЛ), 0,05 г/дм³, отримані у Відділенні фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ та

біоцидів-тіосульфонатів: алілтіосульфанілату (АТС) і етилтіосульфанілату (ЕТС), $0,01 \text{ г/дм}^3$, синтезованих у НУ «Львівська політехніка», а також композицій на їх основі у співвідношеннях 1:1 і 2:1, $0,01 \text{ г/дм}^3$ відповідно. Для порівняння використовували розчин індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК), $0,02 \text{ г/дм}^3$.



Рис. 1. Живець *T. occidentalis* L., підготовлений для досліджень

Живці висаджували у ящики розміром $0,5 \times 0,2 \times 0,15 \text{ м}$, які були заповнені попередньо зволуженим універсальним торф'яним субстратом на глибину $1,5\text{—}3 \text{ см}$, відстань між живцями становила: в рядах — $3\text{—}5 \text{ см}$; між рядками $5\text{—}7 \text{ см}$. На кожний варіант було заготовлено 10 шт. здерев'янілих живців. Протягом періоду укорінення підтримували оптимальну вологість близько 80%. Аналіз живців проводили з урахуванням їхнього стану [8] за такими категоріями: 1 — здорові з приростом; 2 — ослаблені; 3 — сильно ослаблені (з ознаками всихання, всохло до половини висоти живця); 4 — всихаючі (всохло більше половини висоти живця); 5 — сухі. Індекс стану (I_c) загалом у досліді визначали за формулою (1):

$$I_c = \frac{K_1 \cdot n_1 + K_2 \cdot n_2 + \dots + K_5 \cdot n_5}{N}, \quad (1)$$

де: I_c — індекс стану живців у досліді; K_1, \dots, K_5 — категорія живця (від 1 до 5); n_1, \dots, n_5 — кількість живців за зазначеними категоріями; N — загальна кількість врахованих у досліді живців.

Наближення числового значення індексу стану живців до 1 свідчить про покращення їх санітарного стану, і, навпаки, зростання чисельного значення I_c показує погіршення стану живців. Коли I_c дорівнює 5, це свідчить про суцільне всихання рослин.

Результати і обговорення. За результатами проведених досліджень, замочування живців туї західної у розчини досліджених препаратів і композицій на основі біоПАР (РБК, ТЛ) та біоцидів тіосульфонатів (АТС, ЕТС) мало позитивний вплив на укорінення (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив продуктів біотехнології на процес укорінення здерев'янілих живців *Thuja occidentalis* L.

№ ящика	Варіант обробки живців	Співвідношення концентрації, г/дм ³	Індекс стану живців у досліді	Укоріненість, %	Здорові, %	Здорові з приростом, %	Ослаблені, %	Дуже ослаблені, %	Усихаючі, %	Сухі, %
1	Контроль	—	2,3	40	40	—	20	10	15	15
2	ІОК	0,02	1,9	70	40	30	10	10	—	10
3	РБК	0,01	2,2	50	50	—	20	5	10	15
4	ТЛ	0,05	2,5	50	50	—	20	10	—	20
5	АТС	0,01	3,9	20	20	—	—	30	—	50
6	ЕТС	0,01	2,7	50	50	—	10	10	—	30
7	РБК+АТС	0,01:0,01	1,4	90	50	40	—	—	5	5
8	РБК+ЕТС	0,01:0,01	2,8	60	50	10	—	—	—	40
9	ТЛ+АТС	0,01:0,01	2,9	50	50	—	—	—	10	40
10	ТЛ+ЕТС	0,01:0,01	3,7	20	20	—	10	—	30	40
11	РБК+АТС	0,01:0,005	1,8	80	60	20	—	—	—	20
12	РБК+ЕТС	0,01:0,005	3,1	40	40	—	10	10	—	40
13	ТЛ+АТС	0,01:0,005	2,9	50	50	—	—	—	10	40
14	ТЛ+ ЕТС	0,01:0,005	3,8	20	30	—	—	—	10	60

Примітка: контроль — дистильована вода; ІОК — індоліл-3-оцтова кислота; РБК — рамноліпідний біокомплекс; ТЛ — трегалозоліпідні ПАР; АТС — алітїосульфанілат; ЕТС — етилтїосульфанілат.

Укоріненість живців визначено як суму здорових рослин (табл. 1). Цей відносний показник обернено корелює з індексом стану живців I_c . Аналізуючи дані табл. 1, необхідно зазначити, що у варіантах, які були оброблені препаратом ІОК та композиціями РБК+АТС у співвідношеннях 1:1 і 2:1, отримано кращі розраховані показники I_c порівняно з контролем. Проте у варіанті РБК+АТС (2:1), всохлих рослин було більше у 4 рази, ніж при співвідношенні 1:1. У переважній більшості варіантів, де використовували композиції трегалозоліпідів з тїосульфонатами (ТЛ+АТС і ТЛ+ЕТС) за співвідношень 1:1 і 2:1, показник індексу стану живців був вищим порівняно з контролем, за винятком досліді з ТЛ.

Як видно з рис. 1, довжина кореневої системи та приріст біомаси у варіанті з ІОК становила 0,73 см і 0,8 см, тоді як у контролі цей показник мав величину 0,52 см і 0,4 см відповідно. Максимальне значення довжини кореневої системи 0,83 см та приріст біомаси на 1,2 см відмічено у варіанті, де використовували композицію РБК+АТС (1:1). У цьому варіанті на живцях утворилися корені на 60% довші, ніж у контрольному варіанті, а приріст біомаси був на 45% більшим.

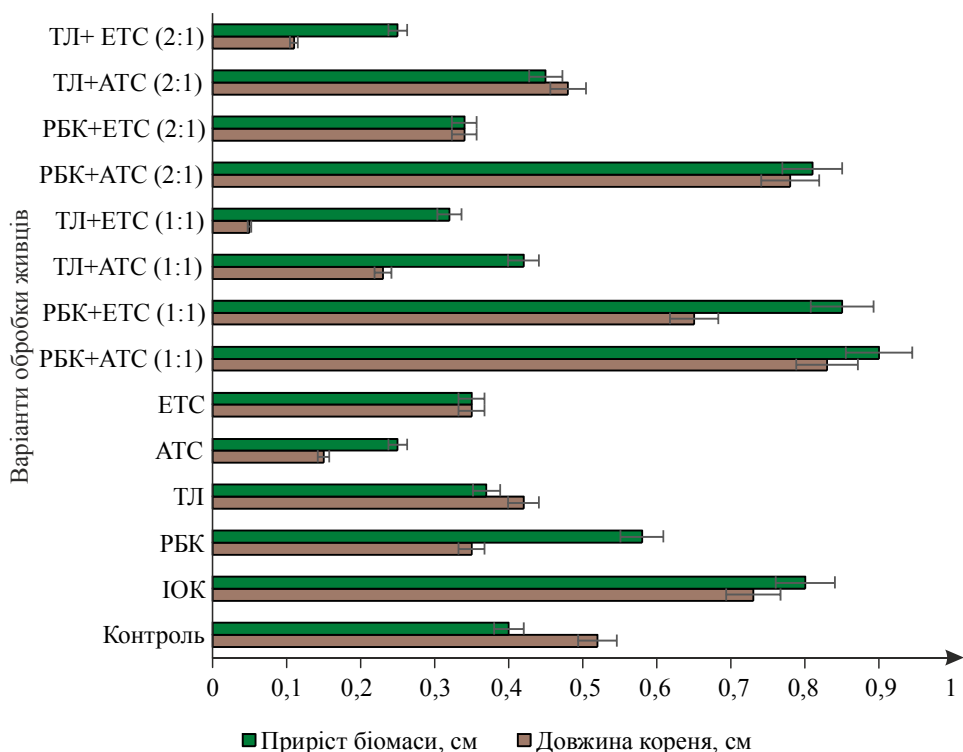


Рис. 1. Довжина кореня та приросту біомаси живців туї західної під впливом стимуляторів коренеутворення: контроль — дистильована вода; ІОК — 3-індоліл-3-оцтова кислота; РБК — рамноліпідний біокомплекс; ТЛ — трегалозоліпід; АТС — алілтіосульфанілат; ЕТС — етилтіосульфанілат; показники дослідних варіантів імовірно відмінні від контролю, $P \geq 0,05$

Результати свідчать, що застосування досліджених речовин стимулює ріст і розвиток стеблових здерев'янілих живців *Thuja occidentalis*. Застосування ІОК та створеної композиції РБК+АТС (1:1) стимулювало не тільки укорінення, але й розміри надземної частини живців.

Висновки

Отримані результати вегетативного розмноження живцюванням декоративних форм туї західної *Thuja occidentalis* L. свідчать, що використання стимуляторів РБК+АТС (1:1) та РБК+АТС (2:1) для оброблення здерев'янілих живців забезпечує найвищу ефективність їх укорінення, що перевершує дію традиційного синтетичного стимулятора укорінення — індоліл-3-оцтової кислоти. При цьому найбільше укорінених зелених живців отримано при застосуванні розробленої композиції РБК+АТС у співвідношенні 1:1, при обробленні якою укорінення живців становило 90%.

Література

1. Коваль С.А. Утворення додаткових коренів у стеблових живців туї західної (форма колоноподібна) залежно від оброблення росторегулятивною речовиною. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. № 24. С. 85—91.

2. Токмань В.С., Кириченко Я.С. Особливості вегетативного розмноження *Thuja occidentalis* L. в умовах Сумського НАУ. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Науковий журнал Серія «Агрономія і біологія». Суми. 2015. Випуск 3(27). С. 78—81.
3. Маргітай Л.Г. Вплив регуляторів росту на вкорінення живців *Thuja occidentalis* L. *Науковий вісник Ужгородського університету Серія Біологія*. Випуск 27. 2010. С. 121—124.
4. Балабушка В.К., Маринич І.С., Бабицький А.І. Вегетативне розмноження малопоширених листопадних і хвойних деревних та чагарникових рослин здерев'янілими (зимовими) живцями у відкритому ґрунті. *Агробіологія*. 2012. № 8. С. 23—27. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agr_2012_8_8.
5. Synthesis and antimicrobial properties of 4-acylaminobenzenethiosulfoacid S-esters / Lubenets V., Vasylyuk S., Monka, N., Bolibrukh K., Komarowska-Porokhnyavets O., Baranovych D., Musyanovych R., Zaczynska E., Czarny A., Nawrot U., Novikov V. *Saudi Pharmaceutical Journal*. April 13, 2016. P. 266—274.
6. Антимікробна активність композицій на основі тіосульфонатів і біогенних поверхнево-активних речовин щодо фітопатогенів / В.В. Швець, О.В. Карпенко, І.В. Карпенко, В.І. Лубенець, В.П. Новіков. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2017. 3. С. 89—94.
7. Маурер В.М., Кушнір А.І. Методичні рекомендації з розмноження деревних декоративних рослин Ботанічного саду НУБіП України. Київ: Вид-во НУБіП України, 2008. С. 55.
8. Використання «Рокогуміну» для живцювання хвойних порід у декоративному розсаднику ДП «Тростянецьке ЛГ» / В.А. Ігнатенко, А.В. Сотнікова, П.Б. Тарнопільський, Г.Б. Гладун, О.М. Даниленко, П.О. Волков. Харків: УкрНДЦЛГА, 2016. Вип. 129. С. 100—107.

**INVESTIGATION OF HEAVY METALS BATTERY
IN THE SOFT BODY OF THE FRESHWATER MUSSELS
OF GENUS *ANODONTA***

N. Golovko, T. Golovko, A. Gelikh

Kharkov State University of Food Technology and Trade

Key words:

Heavy metals
Accumulation
Penetration
Freshwater mussels of the
*genus *Anodonta**
Soft body

Article history:

Received 11.09.2018
Received in revised form
28.09.2018
Accepted 09.10.2018

Corresponding author:

N. Golovko

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Features of accumulation of heavy metals in ecosystems of fish breeding ponds in the Sumy region were investigated. Features of the accumulation and distribution of heavy metals in the soft body of freshwater mussels of the genus *Anodonta* were defined. The results of the research indicate that the concentration of heavy metals in the studied components of the ecosystem of the fishery pond is in line with the existing norms. The content of heavy metals such as cadmium, plumbum and zinc in the soft body of the studied species of mussels did not exceed the normative values. The ways of receipt and accumulation of heavy metals in the soft body of freshwater mussels of the genus *Anodonta* were investigated. The dependence of their penetration and accumulation depending on the method of feeding and properties of metal ions were analyzed. The degree of accumulation of metals in the tissues of mussels was determined in relation to the content of elements in water.

The coefficient of biological accumulation (CBN) was calculated, which is understood as the ratio of the concentration of heavy metals in the soft body of freshwater mussels to their quantitative content in the environment. It was proved that the concentrations of heavy and other toxic metal ions in the studied components of the hydrosystem of the reservoir were correlated with their normative values. The content of heavy metals in the tissues of the studied species of mussels is within the limits of permissible norms. It was determined that the coefficients of biological accumulation indicate not only the pollution of the environment with these metals, but also the biological availability of their ions in these conditions, and also indicate a low accumulation of trace elements of mussels.

ДОСЛІДЖЕННЯ АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У М'ЯКОМУ ТІЛІ ПРІСНОВОДНИХ МОЛЮСКІВ РОДУ *ANODONTA*

М.П. Головка, Т.М. Головка, А.О. Геліх

Харківський державний університет харчування та торгівлі

*У статті досліджено особливості накопичення важких металів в екосистемах рибницьких ставів у Сумській області. Визначено особливості накопичення і розподілу важких металів у м'якому тілі прісноводних молюсків роду *Anodonta*. Наведені результати досліджень свідчать про відповідність концентрації важких металів у досліджуваних компонентах екосистеми рибницького ставу існуючим нормам. Вміст важких металів (кадмію, плюмбуму, цинку і купруму) в м'якому тілі досліджуваних видів молюсків не перевищував нормативних значень. Досліджено шляхи надходження та акумулювання важких металів у м'якому тілі прісноводних молюсків роду *Anodonta*. Проаналізовано залежність їх проникнення та накопичення залежно від способу живлення та властивостей іонів металів. Визначено ступінь акумуляції металів у тканинах молюсків відносно вмісту елементів у воді.*

Розрахований коефіцієнт біологічного накопичення ($K_{БН}$), під яким розуміють відношення концентрації важких металів у м'якому тілі прісноводних молюсків до їх кількісного вмісту в навколишньому середовищі. Доведено, що концентрації важких та інших токсичних іонів металів у досліджуваних складових гідроекосистеми водоймища корелюють з їх нормативним значенням. Вміст важких металів у тканинах досліджуваних видів молюсків перебуває в межах допустимих норм. Визначено, що коефіцієнти біологічного накопичення свідчать не тільки про забруднення середовища цими металами, але й про біологічну доступність їх іонів у таких умовах, а також вказують на невисоку акумуляцію мікроелементів молюсками.

Ключові слова: важкі метали, акумулювання, проникнення, прісноводні молюски роду *Anodonta*, м'яке тіло.

Постановка проблеми. В останні десятиліття в екосистемах водойм спостерігаються зміни, які відбуваються під впливом природних факторів навколишнього середовища і під впливом господарської діяльності людини. Тому особливої актуальності набувають дослідження закономірностей реакцій прісноводних молюсків на мінливі умови навколишнього середовища. Загрозу для життєдіяльності гідробіонтів, що досліджуються, представляють важкі метали та їх сполуки [3; 4]. У сучасних екологічних умовах однією з найбільш гострих екологічних проблем, що стосуються гідросфери, є забруднення басейнів малих річок, які через незначні площі водозборів найбільш вразливі до негативного техногенно-антропогенного впливу. Відомо, що малі річки безпосередньо впливають на гідрохімічний склад та якість води середніх і великих річок, а в їхніх басейнах формується понад 60% водних ресурсів

України [4]. Особливо небезпечними за впливом на екологічну систему водних об'єктів є важкі метали. Високий рівень забруднення середовища важкими металами призводить до зниження видового різноманіття гідробіонтів. Використання гідробіонтів як біоіндикаторів дає змогу визначити значення цих токсикантів. Групу важких металів можна віднести до мікроелементів. З одного боку, одні вкрай необхідні для життєзабезпечення живих організмів, інші викликають протилежний ефект і, потрапляючи в організм, призводять до його отруєння або загибелі. Фахівцями з охорони навколишнього середовища серед металів-токсикантів виділена пріоритетна група, в яку входять кадмій, мідь, миш'як, нікель, ртуть, свинець, цинк і хром як небезпечні для живих організмів; з них ртуть, свинець і кадмій — найбільш токсичні [5—7]. Тому доцільно проводити визначення вмісту металів як у тканинах молюсків, так і в середовищі їх проживання — воді, тому що наявні у водних системах іони важких металів поглинаються організмами та накопичуються у м'якому тілі молюсків і в подальшому передаються по ланцюгу харчування [3].

Такі метали, як цинк, марганець, мідь і ферум у фізіологічних концентраціях є життєво необхідними для здійснення регуляторних функцій в організмі гідробіонтів, передусім як складові ферментів. Разом з тим перелік важких металів містить елементи, біологічну роль у живих організмах для яких не визначено, і які токсично впливають навіть у незначних концентраціях. До таких елементів належать свинець і кадмій [2]. Відомо, що накопичення важких металів в організмі гідробіонтів, зокрема молюсків, залежить від геохімічних чинників середовища, типу водойми, функціонального стану організму та особливостей живлення [5]. Питання кількості накопичення окремих важких металів в організмі прісноводних молюсків вивчено меншою мірою.

Визначені основні цілі, які стоять перед комплексним дослідженням м'якого тіла молюсків півночі України в технології напівфабрикату. Необхідно дослідити не лише оптимальні режими технологічних операцій, при яких максимально збережуться структурно-механічні та органолептичні властивості м'якого тіла, але й екологічну доброякісність і безпечність сировини. Виконання поставлених цілей надасть можливість підвищити конкурентоспроможність продуктів з гідробіонтів, що є надзвичайно своєчасним та економічно виправданим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зміна сировинної бази і зниження обсягів вилову морських молюсків пов'язані з екологічним становищем [2]. Це викликало необхідність перегляду об'єктів сировинної бази для виготовлення напівфабрикатів і готових кулінарних виробів, а також внесення змін до їх технології виробництва. Кількісний вміст важких металів та особливості їх локалізації у м'якому тілі молюсків є предметом досліджень вчених як з близького [3; 4], так і далекого зарубіжжя [5—8].

Досить інтенсивно дослідження особливостей накопичення важких металів гідробіонтами проводяться в країнах Африки [5], Південно-Східної Азії й Близького Сходу [5—8]. В Україні цій проблемі присвячено також низку

досліджень, проте вони проводилися або в межах великих водосховищ — Київського, Кременчуцького, Канівського, або на території об'єктів природно-заповідного фонду.

Серед основних напрямів вирішення вищенаведеної проблеми, виявлених у ресурсах світової наукової періодики, можуть бути виділені:

- дослідження молюсків (*mussels Perna perna*) як продукту харчування за показниками фізико-хімічних, харчових, показників безпеки та споживчих властивостей [6];

- оцінка гістопатологічного моніторингу мідій *Perna perna* та *Itaipu Lagoon* [7];

- вплив термічної та різних видів попередньої обробки (посол, маринування) на кінцеві характеристики м'яса мідій, а саме: вихід готового продукту й терміни зберігання, зниження кількості токсикантів [5].

Питання особливостей вмісту та розподілу важких металів в органах і тканинах гідробіонтів малих річок, зокрема на території Сумської області, залишилися переважно поза увагою дослідників.

Метою статті є проведення дослідження і контроль кількості токсичних важких металів (кадмію, свинцю і цинку) у м'язі молюсків роду *Anodonta*.

Викладення основних результатів дослідження. Одним із найбільш важливих факторів, які впливають на якість готової продукції, є стабільна екологічна чистота сировини. Враховуючи, що прісноводні двостулкові молюски є мешканцями як проточних, так і стоячих водойм, екологічна ситуація яких різко змінюється через техногенні й антропогенні фактори, визначення ступеня накопичення важких металів у їхньому м'язі є актуальним.

Об'єктами дослідження були двостулкові молюски роду *Anodonta*, що є типовими представниками річкових двостулкових молюсків, які мешкають, переважно, в прибережній зоні на піщано-мулистому ґрунті з уповільненим плином течії. З огляду на вищевикладене можна припустити: по-перше, різний рівень забруднення у різних зонах проживання молюсків, а, по-друге, імовірну здатність цих видів до накопичення важких металів.

Збиралися молюски в р. Десна в її середній течії в районі села Пирогівка і в оз. Синювате, розташованому в Сумському районі, село Підліснівка. Дослідження вмісту важких металів у воді і м'язі молюсків були проведені за такими стандартами: ГОСТ 30178-96 «Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів» (спосіб сухого озолення), ІСО 8288-86 «Якість води: визначення токсичних елементів, полум'яні атомно-абсорбційні спектрометричні методи».

Для оцінки ступеня акумуляції металів у тканинах молюсків щодо вмісту елементів у воді був розрахований коефіцієнт біологічного накопичення ($K_{БН}$), під яким розуміють відношення концентрації важких металів в м'язі молюсків до їх кількісного вмісту в навколишньому середовищі.

За величиною акумуляції гідробіонти, в тому числі прісноводні молюски, поділяються на макро-, мікро-, деконцентратори [3]. До макроконцентраторів відносяться молюски, у яких $K_{БН} > 15000$, до мікроконцентраторів молюски з $K_{БН} = 10000—15000$, до деконцентраторів — з $K_{БН} < 10000$.

Таблиця 1. Вміст важких металів у воді і в тканинах двостулкових молюсків, $P \geq 95\%$, $n = 5$

Об'єкт досліджень	Cu	Zn	Pb	Cd
р. Десна				
Вода (мг/л)	0,019±0,0011	0,029 ±0,007	—	0,14±0,005
Молюск (мг/кг)	0,97±0,0017	11,1±0,0011	—	0,024±0,009
оз. Синювате				
Вода (мг/л)	0,005±0,0011	0,047±0,0011	—	0,17±0,0011
Молюск (мг/кг)	0,78±0,0018	9,31±0,005	—	0,003±0,007

З наведених у табл. 1 даних бачимо, що вміст токсичних металів не перевищує гранично допустимої концентрації по цинку, кадмію і плумбуму, не зважаючи на їхню кількість у водних середовищах досліджуваних об'єктів. Це може бути пов'язано з способом життєдіяльності гідробіонтів. Своєю зовнішньою частиною і такими важливими органами, як зябра, молюски повністю занурені у воду, отже, дія розчинених речовин і їх концентрація у цих органах найбільша. Основна кількість іонів, які потрапляють до організму молюсків, проникає через зябра (до 70%), дещо менше через мантию (до 20%), а решта — через органи травлення. Разом з тим акумуляція плумбуму проходила активніше, коли метал надходив через кишково-шлунковий тракт. Проте технологія напівфабрикату з молюска прісноводного передбачає видалення так званих неістівних частин (зябер, кишківника, гонад). Крім токсикантів, у природних водах наявні розчинні нетоксичні речовини, що можуть зменшувати або збільшувати токсичність інших речовин шляхом зміни мембранної проникності.

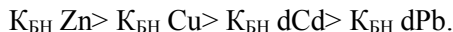
Результати дослідження показали, що різні метали неоднаково накопичуються в тканинах досліджуваних молюсків (табл. 1). Цікаво відзначити, що досліджувані види двостулкових молюсків у найбільших кількостях накопичують цинк. Однак встановлено, що вміст усіх аналізованих металів у тілі молюсків роду *Anodonta* в різних водних системах неоднаковий. Так вміст цинку на 27% вищий в озері, ніж у проточній системі р. Десни, міді — на 18% менший. Проте така різниця пояснюється відповідним більшим (на 34%) вмістом цинку в озері і меншим (на 22%) вмістом міді. Свинець у досліджуваних пробах води р. Десни та озера Синювате не виявлено.

Отже, молюски роду *Anodonta* не становлять загрозу під час споживання. Різні види молюсків мають різну здатність до акумуляції металів у своїх тканинах, що повністю підтверджує твердження В.І. Вернадського: «Однією з функцій біосфери є концентраційна». Ці висновки добре узгоджуються з розрахованими нами коефіцієнтами біологічного накопичення металів молюсками ($K_{БН}$) (табл. 2).

Таблиця 2. Коефіцієнти біологічного накопичення (K_d) металів у м'яких тканинах двостулкових молюсків, $P \geq 95\%$, $n = 5$

Об'єкт досліджень	$K_{БН}$ Cu	$K_{БН}$ Zn	$K_{БН}$ Pb	$K_{БН}$ Cd
Молюск (мг/кг)	48	547	—	20

Аналіз накопичення іонів важких металів дав змогу узагальнити особливості їх кумуляції і вибудувати ряди накопичення, які мають загальні закономірності. Так для молюсків роду *Anodonta*:



Висновки

Проведені дослідження свідчать про вплив різних чинників на накопичення токсичних металів у воді та м'якому тілі прісноводних молюсків. Доведено, що концентрації важких та інших токсичних іонів металів у досліджуваних складових гідроекосистеми водоймища корелюють з їхнім нормативним значенням. Вміст важких металів у тканинах досліджуваних видів молюсків перебуває в межах допустимих норм. Коефіцієнти біологічного накопичення свідчать не тільки про забруднення середовища цими металами, але і про біологічну доступність їхніх іонів за таких умов, а також вказують на невисоку акумуляцію мікроелементів молюсками.

Література

1. Andalecio Consumers' behavior towards cultured oyster and mussel in Western Visayas, Philippines / Merlina N. Andalecio, Ernestina M. Peralta, Ruby P. Napata, Liberato V. Laureta. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 2014. No. 7(2). P. 116—136. URL: <https://doi.org/article/0c22a20963b849dab260b12b32fe091c>.
2. Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Investigation amino—acid structure of proteins bivalve freshwater Mussels from the family Anodonta of the northern Ukraine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. No. 5/11(77). P. 10—16.
3. Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Investigation fatty acid and mineral of soft body bivalve freshwater mussels from the family Anodonta of the northern Ukraine. *Technological Audit and Production Reserves*. 2016. No. 3/3(29). P. 17—23.
4. Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Research qualitative composition of minerals soft body freshwater bivalve mussels of the genus Anodonta and marine counterpart — the mussels of the genus Mytilus. *Progressive engineering and technology of food production enterprises, catering business and trade*. 2015. No. 2(22). P. 270—278.
5. Marušić Nives, Vidaček Sanja, Medić Helga, Petrak Tomislav GROWTH OF MUSSELS (*Mytilus galloprovincialis*) ON THE EAST COAST OF ISTRIA. *Croatian Journal of Fisheries*. 2010. No. 68(1). P. 19—25. URL: <https://doi.org/article/1c0507ec8da6484d8ee80fd00ce4cf89>.
6. Érika Fabiane Furlan Physicochemical stability and market of mussels (*Perna perna*) cultivated in Ubatuba — SP, Brasil / Érika Fabiane Furlan, Juliana Antunes Galvão, Eduardo Oliveira Salán, Viviane Angeli Yokoyama, Marília Oetterer. *Food Science and Technology*. 2007. No. 27(3). P. 516—523. URL: <https://doi.org/article/3df4a621844642b1b243caf6853603ad>.
7. Lima F.C., Abreu M.G., Mesquita E.F.M. Histopathological monitoring assessment of mussels *Perna perna* at the Itaipu Lagoon, Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2001. No. 53(2). P. 1—5. URL: <https://doi.org/article/40c1d861d213406493b604b6ce2ac6ab/>
8. Giustino Tribuzi, Gláucia Maria Falcão de Aragao, João Borges Laurindo Processing of chopped mussel meat in retort pouch. *Food Science and Technology*. 2015. vol. 35, No. 4. P. 612—619. URL: <https://doi.org/article/dda612fcc5db4492b8210828bd19a72a>.

RESEARCH OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF BIOTECHNOLOGICAL COLLAGEN-CONTAINING PREPARATION

O. Andreyeva, L. Maistrenko, A. Nikonova

Kyiv National University of Technologies and Design

Key words:

*Biotechnological
preparation
Collagen containing
wastes
Chemical analysis
microbiological and
IR-spectroscopic
researches*

Article history:

Received 03.09.2018
Received in revised form
19.09.2018
Accepted 17.10.2018

Corresponding author:

O. Andreyeva
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Leather industry is one of the main producers of collagen-containing raw materials. Therefore, effective recycling of these raw materials into marketable products is a pressing problem not only for leather industry but also for other fields of human activity and environmental ecology. Among the most important areas of using collagen-containing materials, it is possible to produce the additives and emulsions containing of protein and fat component; the production of multifunctional drugs and structured products (type of extrudate and crisps); gelatine manufacturing; production of preparations for fragrance and cosmetics industries, veterinary medicine, medicine, leather manufacturing etc.

It has been investigated a new Ukrainian collagen-containing preparation, obtained by biotechnology, from non-tanned leather wastes (raw material from bovine hides in the form of macromolecular-purified fibrous product). Since the content of toxic elements in the preparation is less than the maximal acceptable level, and microbiological studies indicate the absence of pathogenic microflora it can be ascribed to non-toxic, environmentally friendly products.

The size of particles in collagen preparation was assessed using microscopy. Chemical analysis identified chemical composition (moisture content, as well as protein, fats and minerals content). The presence of different functional groups in the structure of investigated preparation was detected by IR-spectroscopy. Based on the results of experimental data it is assumed the possibility of practical use of this new collagen-containing preparation as secondary raw materials in many sectors of national economy.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОЛАГЕНВМІСНОГО ПРЕПАРАТАТУ

О.А. Андрєєва, Л.А. Майстрєнко, А.В. Ніконова

Київський національний університет технологій та дизайну

Шкіряне виробництво є одним із потужних джерел утворення значних ресурсів колагенвмісних матеріалів, ефективна переробка яких і подальше використання одержаних продуктів мають величезне значення для різних сфер діяльності людини та екології навколишнього середовища. Серед актуальних напрямів використання колагенвмісних матеріалів можна виділити одержання протейново-жирових добавок та емульсій, желатину, структурованих продуктів (типу екструдату, чипсів), багатofункціональних препаратів для харчової, парфумерно-косметичної та легкої промисловості, медицини, ветеринарії, зоотехнії тощо.

Досліджено новий вітчизняний колагенвмісний препарат, одержаний біотехнологічним шляхом з недублених відходів шкіряного виробництва (вихідна сировина — шкури великої рогатої худоби у вигляді високомолекулярного очищеного волокнистого продукту). Оскільки вміст токсичних елементів у препараті менший за гранично допустимий рівень, а мікробіологічні дослідження вказують на відсутність патогенної мікрофлори, його можна віднести до нетоксичних та екологічно чистих продуктів.

За допомогою мікроскопічного методу дослідження встановлено розмір частинок цього препарату, хімічного аналізу — його хімічний склад (вміст вологи, а також білкових, жирових і мінеральних речовин), ІЧ-спектроскопії — наявність у структурі функціональних груп різної природи. На підставі одержаної інформації зроблено припущення щодо можливості практичного використання цього препарату як вторинного сировинного ресурсу в різних сферах господарювання.

Ключові слова: біотехнологічний препарат, колагенвмісні відходи виробництва, хімічний аналіз, мікроскопічні та ІЧ-спектроскопічні дослідження.

Постановка проблеми. Головною складовою сполучної тканини шкірного покриву тварин є колаген [1; 2]. Оскільки шкури тварин протягом тисячоліть продовжують залишатися єдиним матеріалом для виготовлення желатину, виробів з натуральних шкіри і хутра, впливає величезне технічне значення колагену та нагальна потреба у колагенвмісних сировинних ресурсах.

Під час виготовлення шкіри, а потім взуття чи одягу, тобто в ланцюжку «шкура-шкіра-виріб з натуральної шкіри» у відходи переходить близько 40% колагенвмісної сировини [3], а за даними [4] — майже 50%. Отже, рішення проблеми перероблення та використання колагенвмісних матеріалів є важливим науково-практичним завданням, вирішення якого можли-

ву або шляхом створення безвідходних технологій перероблення колагенвмісної сировини, або переведення останньої в однорідний стан для подальшого використання.

Дослідження такої багатокомпонентної та багатофункціональної системи, як сполучна тканина стало можливим завдяки розробці науково обґрунтованих методів виділення нативного колагену зі сполучної тканини, що дало змогу зберегти молекулярну структуру та біологічну активність цього білка при максимальному рівні очищення від супутніх речовин. При цьому колагенвмісні продукти одержують як у твердому, так і в розчиненому стані [5; 6]. Все це значно розширює можливості застосування колагенвмісних відходів. Так, наприклад, голину спилкову обрізь шкір великої рогатої худоби, як один з основних видів білоквмісних відходів, переробні підприємства нині активно використовують як сировину для отримання розчинних форм колагену, які застосовуються у ветеринарії, медицині, косметології та харчовій промисловості, що уможлиблює створення ряду принципово нових препаратів і біоматеріалів. З викладеного випливає, що колагенвмісні відходи є цінними як сировина для переробних підприємств, тобто набули споживчої вартості та статусу промислового товару. Те саме можна сказати і про розчинні форми колагену, одержувані із зазначених відходів. Такого роду товари, незважаючи на поки що високу вартість, користуються великим попитом, хоча асортимент їх невеликий, а до якості висуваються досить жорсткі вимоги.

Одним із потужних джерел утворення значних ресурсів колагенвмісних матеріалів є шкіряне виробництво [8—9]. Аналіз літературних джерел [3; 7; 10] показав, що в наш час склалися різні напрями їх використання, наприклад, виробництво протеїново-жирових добавок та емульсій, желатину, структурованих продуктів і багатофункціональних препаратів для харчової, парфумерно-косметичної та легкої промисловості, ветеринарії, зоотехнії, медицини тощо.

З урахуванням викладеного проведено всебічні дослідження нового біотехнологічного препарату, одержаного з недублених колагенвмісних матеріалів шкіряного виробництва торговельної марки «Геліос-11» (Україна) [11; 12], який являє собою натуральний високомолекулярний очищений волокнистий білок, отриманий зі шкір ВРХ за спеціальною біотехнологічною схемою.

Вміст токсичних елементів у препараті менший за гранично допустимий рівень (табл. 1), у ньому відсутня патогенна мікрофлора (табл. 2), тому його можна віднести до нетоксичних екологічно чистих продуктів.

Таблиця 1. Вміст токсичних елементів у препараті [12]

Елемент	Вміст, мг/кг	
	Препарат	Нормативна документація
Свинець	0,092	не > 1,0
Кадмій	0,013	не > 0,1
Арсен	0,309	не > 1,0
Ртуть	< 0,01	не > 0,03
Мідь	1,24	не > 30,0

Таблиця 2. Мікробіологічні показники препарату [12]

Показник	Препарат	Нормативна документація
Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г	$3,2 \cdot 10^3$	не $> 5 \cdot 10^4$
БГКП (колиформні мікроорганізми), в 1 г	не виділено	не допускається
Патогенні мікроорганізми, у тому числі <i>Salmonella</i> , в 25 г	не виділено	не допускається
<i>Listeria monocytogenes</i> , в 25 г	не виділено	не допускається
СРК (сульфітредукуючі клостридії), в 1 г	не виділено	не $> 5 \cdot 10^1$
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1 г	не виділено	не допускається

Метою статті є дослідження вітчизняного препарату колагену, виявлення можливості його практичного використання у різних сферах господарювання.

Викладення основних результатів дослідження. Використано український білковий препарат, одержаний з недублених колагенвмісних матеріалів шкіряного виробництва від шкур великої рогатої худоби (далі — препарат). Оцінювання властивостей препарату виконували відповідно до вимог [13; 14]. Середню пробу препарату для випробувань відбирали після перемішування в упаковці. Для одержання достовірних результатів усі необхідні вимірювання та визначення проводили не менш, ніж у трьох дослідах, а під час проведення об'ємних аналізів виконували контрольні досліди, вносячи до розрахунків відповідні поправки.

Під час експерименту використали різноманітні методи дослідження: мікроскопічний — для визначення розміру частинок колагенвмісного препарату (мікроскоп Bresser Researcher Bino (Bresser, Німеччина), ІЧ-спектроскопічний — для ідентифікації його активних груп (спектрофотометр TENSOR 37, Bruker, Німеччина), математичну статистику та деякі інші [15].

За показники дослідження обрали такі, що найбільшою мірою описують фізико-хімічні властивості досліджуваного препарату: розмір частинок, масову частку вологи, голинної речовини, жиру та мінеральних речовин (золи) тощо.

Візуально досліджуваний препарат має вигляд однорідного, світлого дрібно волокнистого продукту без запаху. Завдяки мікроскопічним дослідженням встановлено розміри частинок препарату. Дані табл. 3 свідчать про високу рівномірність та однорідність цього показника ($E < 5\%$). Основною складовою досліджуваного препарату є голинна речовина (тобто колаген), вміст якої становить понад 90%. Вміст мінеральних і жирових речовин набагато менший — 3,9 та 1,0% відповідно.

Таблиця 3. Показники досліджуваного препарату

Показник	Значення
Розмір частинок, мм*:	
- поздовжній	0,139±0,001
- поперечний	0,138±0,001
Масова частка, %:	
- голинна речовина*	90,1±0,3
- мінеральні речовини*	3,9±0,4
- речовини, що екстрагуються органічними розчинниками*	1,0±0,8

Примітка. * 13 паралельних дослідів; ** у перерахунку на абсолютно суху речовину (три паралельних дослідів).

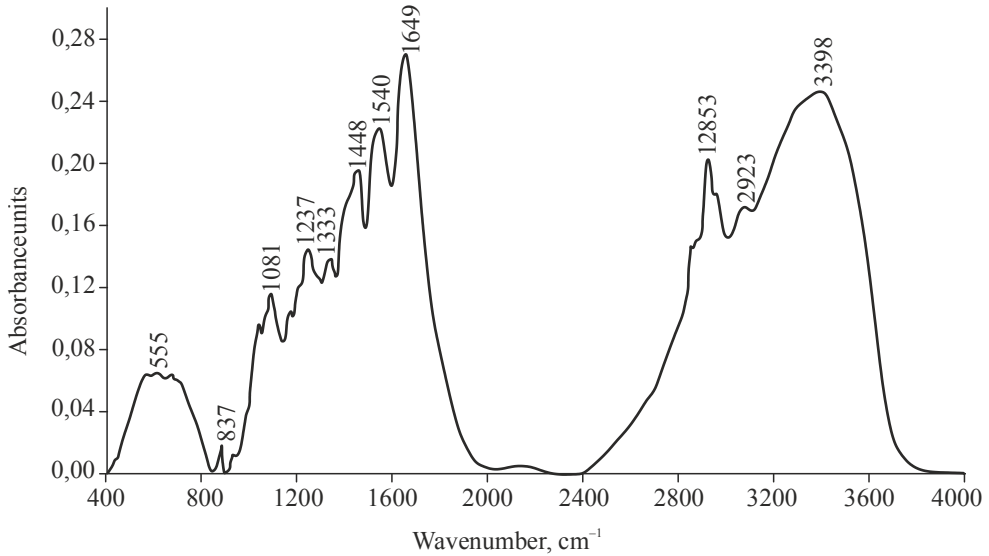


Рисунок. ІЧ-спектрограма препарату колагену

Для встановлення структурних особливостей препарату використали метод інфрачервоної спектроскопії. На спектрограмі препарату (рис.) найбільш чітко виділяються смуги при частотах 3398, 1649, 1540, 1237 та 555 cm^{-1} , яким відповідають коливання амінів, карбонових кислот та амідів А, І, ІІ, ІІІ, VІ з різною часткою складових, а також при частоті 1448 cm^{-1} , якій відповідають деформаційні коливання ОН-груп.

Має місце широка смуга при частоті 2500-3800 cm^{-1} , що відповідає валентним коливанням ОН-груп карбонових кислот. Наявність зазначених груп пояснюється тим, що препарат є похідною колагену і під час свого виготовлення зазнав гідролітичного впливу лужних та інших реагентів.

Виявлена наявність у структурі досліджуваного препарату колагену низки функціональних груп (насамперед амідних — до їх складу входять NH, C=O, CN, а також аміно-, карбоксильних і гідроксильних). Це вказує на поліфункціональну природу цього матеріалу та його здатність взаємодіяти з різними хімічними матеріалами.

На підставі одержаної інформації зроблено припущення щодо використання досліджуваного препарату як вторинного сировинного ресурсу в різних сферах господарювання завдяки збереженню його волокнистої структури і таким цінним його властивостям, як нетоксичність, екологічність, поліфункціональність, спорідненість до колагену.

Висновки

Проаналізовано властивості вітчизняного біотехнологічного препарату, одержаного з недублених відходів шкіряного виробництва. З використанням хімічного та сучасних інструментальних методів аналізу визначено його основні фізико-хімічні показники та структурні особливості. Встановлено, що досліджуваний препарат утворений з дрібних волоконць, містить багато

білкових речовин, але мало жирових та мінеральних і, головне, має поліфункціональну природу завдяки наявності цілої низки функціональних груп: амідних, амінних, карбоксильних, гідроксильних. На підставі одержаної інформації зроблено припущення щодо практичного використання досліджуваного препарату як вторинного сировинного ресурсу у різних сферах господарювання.

Література

1. Михайлов А.Н. Коллаген кожного покрова и основы его переработки. Москва: Легк. индустрия, 1971. 527 с.
2. Журавський В.А., Касьян Е.Є., Данилкович А.Г. Технологія шкіри та хутра: підручник. Київ: [ДАЛПУ], 1996. 743 с.
3. Пустыльник Я.И. Кожевенные отходы — золотое дно. *В мире оборудования*. 2002. № 2(19). С. 44—48.
4. Журавский В.А. Малоотходная технология кожевенного производства. Москва: Легпромбытиздат, 1993. 125 с.
5. Карпухина Л.И., Пономарёва А.В., Чайковский Р.И. Переработка отходов кожевенно-обувного производства: справочник. Киев: Техника, 1983. 85, [1] с.
6. Белевцова Д. В. Оценка качества коллагенсодержащих отходов и получаемых на их основе золь коллагена: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.08. Товароведение промышленных товаров и сырья легкой пром-сти / Моск. гос. акад. ветерин. медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина. Москва, 2006. 141 с.
7. Biopolymers systems from leather wastes for degraded soils remediation./ G.A. Zainescu, M. Mihalache, P. Voicu, R. Constantinescu, L. Ilie, M. Obrisca. *Scientific Papers, UASVM Bucharest*. 2011. LIV. P. 60—68.
8. Yang H., Shu Z. The extraction of collagen protein from pigskin. *J Chem Pharm Res*. 2014. 6(2). P. 683—687.
9. Brown E.M., Taylor M.M., Marner W.N. Production and potential uses of co-products from solid tannery waste. *J Am Leather Chem Assoc*. 1996. 91. P. 270—275.
10. Casparus J. Products and application of biopolymers. Croatia: InTeh, 2012. 220 p.
11. Andreyeva O.A., Maistrenko L.A., Tegza M.M. The usage of materials polyfunctionality in modern low-waste technologies. Materials of the III International research and practice conference «International Conference on European Science and Technology». Munich: Publishing office Vela Velard Waldkraiburg : 2012. Vol. I. P. 107—111.
12. Tegza M.M., Андреева О.А. Дослідження препаратів колагену. *Вісник ХНУ*. 2011. № 4. С. 128—132.
13. Данилкович А.Г., Чурсин В.И. Практикум по химии и технологии кожи и меха: Учебное пособие. Москва: ЦНИИКП, 2000. 413 с.
14. Жебентяев А.И. Жерносок А.К., Талуть И.Е. Аналитическая химия. Химические методы анализа : учеб. пособие. Минск: Новое знание, 2010. 542 с.
15. Васильев А.В. Гриненко Е.В., Шукин А.О., Федулина Т.Г. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений: учеб. пособие. Санкт-Петербург: СПбГЛТА, 2007. 54 с.

DIVERSITY OF MICROBIAL SECONDARY METABOLITES

K. Kondrashevska, I. Kliuchka, T. Pirog, Yu. Penchuk

National University of Food Technologies

Key words:

Microbial secondary metabolites
Antibacterial
Antifungal
Antiviral activity
Cytotoxic effect

Article history:

Received 06.09.2018
Received in revised form 19.09.2018
Accepted 18.10.2018

Corresponding author:

K. Kondrashevska

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Interest to microbial secondary metabolites (products of microbial synthesis that are not necessary for the growth and propagation of a biological agent) is due to their unique biological properties, which are found to be practical in various industries: food, chemical, oil industry, environmental protection, agriculture, and also in the pharmaceutical industry and medicine. Such metabolites include antibiotics, exopolysaccharides, surfactants, antiviral and cytotoxic agents, enzyme inhibitors. The need to search for new products of microbial synthesis is primarily due to the rapid spread of antibiotic resistance of many pathogens of infectious diseases. In addition, studies of low-toxic antitumor compounds, immunosuppressors and enzyme inhibitors that can replace chemical analogues that exert an immunosuppressive, mutagenic and teratogenic effect on healthy human cells are important.

In this paper, modern literature data on the synthesis of microbial secondary metabolites by epiphytic, free-living (including marine) bacteria (representatives of the *Bacillaceae* and *Paenibacillaceae* families), actinobacteria of the *Streptomycetaceae* and *Micromonosporaceae* families, fungi of the *Trichocomaceae* family (genera *Talaromyces*, *Aspergillus*, *Penicillium*) are given. Due to a wide range of biological activity (antibacterial, antifungal, antiviral and cytotoxic) they can be used as alternative chemical compounds in medicine, as well as in agriculture to control the quantity of phytopathogenic microorganisms.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-8

РОЗМАЇТТЯ МІКРОБНИХ ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ

К.Р. Кондрашевська, І.В. Ключка, Т.П. Пирог, Ю.М. Пенчук

Національний університет харчових технологій

Інтерес до мікробних вторинних метаболітів (продуктів мікробного синтезу, які не є необхідними для росту і розмноження біологічного агента), зумовлений їхніми унікальними біологічними властивостями, що знаходять практичне використання у різних галузях промисловості: харчовій, хімічній, нафтодобувній, охороні довкілля, сільському господарстві, а також у фармацевтичній галузі та медицині. До таких метаболітів належать антибіотики, екзополісахариди, поверхнево-активні речовини, антивірусні та цитотоксичні

агенти, інгібітори ферментів. Необхідність пошуку нових продуктів мікробного синтезу зумовлена насамперед швидким поширенням антибіотикорезистентності багатьох збудників інфекційних захворювань. Окрім цього, важливе значення мають дослідження низькотоксичних протипухлинних сполук, імуносупресорів та інгібіторів ферментів, які можуть замінити хімічні аналоги, що спричиняють імунодепресивну, мутагенну і терогенну дію на здорові клітини людини.

У статті наведено сучасні літературні дані щодо синтезу мікробних вторинних метаболітів епіфітними, вільноіснуючими (в тому числі й морськими) бактеріями (представниками родин *Bacillaceae* та *Paenibacillaceae*), актинобактеріями родини *Streptomycetaceae* та *Micromonosporaceae*, грибами родини *Trichosomataceae* (роди *Talaromyces*, *Aspergillus*, *Penicillium*). Завдяки широкому спектру біологічної активності (антибактеріальна, антифунгальна, протівірусна та цитотоксична) вони можуть бути використані як альтернативні хімічним сполукам у медицині, а також у сільському господарстві для контролю чисельності фітопатогенних мікроорганізмів.

Ключові слова: мікробні вторинні метаболіти, антибактеріальна, антифунгальна, антивірусна активність, цитотоксичний ефект.

Постановка проблеми. Вторинні метаболіти — сполуки, що синтезуються деякими видами мікроорганізмів, і, переважно утворюються після припинення росту у вигляді комплексу подібних сполук. Їхня здатність до синтезу часто втрачається в результаті мутацій або в процесі зберігання продуцентів. До вторинних метаболітів належить широкий спектр сполук: антибіотики, екзополісахариди, інгібітори ферментів, імуносупресори, полікетиди, терпени, терпеноїди, яким притаманний широкий спектр біологічної активності (табл. 1) [1].

Таблиця 1. Різні типи біологічної активності вторинних метаболітів [1]

Активність	Характеристика	Кількість досліджених активностей
Антимікробна	<i>Антибактеріальна:</i>	
	Грамположитивні бактерії	11000—12000
	Грамнегативні бактерії	5000—5500
	Мікобактерії	800—1000
	<i>Антифунгальна:</i>	
Дріжджі	3000—3600	
Фітопатогенні гриби	1600—1800	
	Інші гриби	3800—4000
Хіміотерапевтична	Протипухлинна (цитотоксична)	5000—5500
	Протівірусна	1500—1600
Фармакологічна	Інгібітори ферментів	3000—3200
	Імунологічно активні (супресори, модулятори)	800

З появою нових методів досліджень (в основному вискоєфективної рідинної хроматографії) з'явилася можливість швидкої ідентифікації синтезованих вторинних метаболітів. Необхідність пошуку нових продуктів мікроб-

ного синтезу зумовлена насамперед поширенням антибіотикорезистентних штамів мікроорганізмів. Так, ще у 2014 р. тільки у Європі та США було зареєстровано 50 тисяч смертей, спричинених стійкими до антибіотиків збудниками інфекційних захворювань. За прогнозами вчених, до 2050 р. кількість смертей зросте до 10 мільйонів на рік, а витрати на введення нових антимікробних препаратів становитимуть 100 трильйонів доларів США у всьому світі [2; 3].

Ще однією проблемою сьогодення залишається дослідження низькотоксичних протипухлинних препаратів, які можуть стати альтернативною заміною протибластомним засобам, що чинять імунодепресивну, мутагенну і терогенну дію на здорові клітини людини [4]. Окрім антимікробних та протипухлинних препаратів, актуальним є пошук нових імуносупресорів і інгібіторів ферментів, на основі яких вже створено такі медичні препарати, як такролімус — імуносупресор, синтезований представниками роду *Streptomyces*, ловастатин — інгібітор ферментів синтезу холестерину, утворюваний мікроміцетами роду *Aspergillus* [5; 6].

У зв'язку з викладеним вище **мета цього огляду** — узагальнити сучасні літературні дані щодо здатності різних мікроорганізмів синтезувати практично цінні біологічно-активні вторинні метаболіти.

Викладення основних результатів дослідження. Розглянемо вторинні метаболіти бактерій (у тому числі й актинобактерій) та грибів, що можуть мати потенційне практичне використання у багатьох галузях промисловості та медицини.

Вторинні метаболіти бактерій родин *Bacillaceae* та *Paenibacillaceae*. У табл. 2 наведено дані щодо синтезу вторинних метаболітів вільно існуючими, епіфітними та морськими бактеріями родини *Bacillaceae* та *Paenibacillaceae*. Представники цих родин здатні до синтезу антимікробних сполук (поверхнево-активні речовини [7], в тому числі й ліпопептиди [8], антимікробні пептиди [9—12]), а також екзополісахариди [13; 14] та інші речовини [15]. Так, антимікробні пептиди дикетопіранозин та ентіанін, синтезовані *Bacillus* sp N та *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* DSM 15029^T, у концентрації 4—64 мкг/мл проявляють антифунгальну дію щодо збудників хвороб людей *Aspergillus flavus* МТСС 183, *Candida albicans* МТСС 277, а також метицилін- і ванкомицінрезистентних *Staphylococcus aureus* АТСС 43300, *Enterococcus faecalis* АТСС 51299, *Micrococcus luteus* АТСС 9341 [9; 11]. Окрім антифунгальної дії на збудників хвороб людини, дикетопіранозин і протеїн E2 *Bacillus subtilis* EDR4 діють на фітопатогенні гриби. Так, за наявності 0,52 мкг/мл протеїну E2 зони затримки росту становили (мм): *Fusarium graminearum* — 125, *Macrophoma kuwatsukai* — 185, *Rhizoctonia cerealis* — 125, *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* — 145, *Botrytis cinerea* — 155, *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* — 225 [10].

Антифунгальну дію на фітопатогенні гриби (*Gaeumannomyces graminis*, *Rhizoctonia cerealis*, *Helminthosporium sativum*, *Fusarium graminearum*) проявляють і пептиди, синтезовані *Halobacillus litoralis* YS3106, однак у дещо вищій (200—800 мкг/мл) концентрації [12].

Метаболіти *Bacillus licheniformis* SAB1 у концентрації 50 мкг/мл проявляють антимікробну активність: індол інгібує ріст *Staphylococcus aureus*, *Sal-*

monella typhi та *Candida albicans* (зона затримки росту 7—10 мм), а 3-фенілпропіонова кислота спричиняє антифунгальну дію на *Rhodotorula* sp., *Candida albicans*, *Aspergillus niger* (зони затримки росту 4—10 мм) [15].

Окрім антимікробної та антифунгальної активності, метаболіти цих бактерій характеризуються антивірусною активністю. Так, наприклад, *Geobacillus thermodenitrificans* B3-72 та *Bacillus licheniformis* B3-15 синтезують екзополісахариди EPS-1 та EPS-2, яким у концентрації 300 мкг/мл притаманна антивірусна дія на вірус герпесу другого типу HSV-2 [13].

Екзополісахарид леван, синтезований *Paenibacillus polymyxa* EJS-3, та його ацетильовані, фосфорильовані та бензилові похідні проявляють цитотоксичну активність щодо клітини раку шлунку людини лінії BGC-823 у концентрації 400 мкг/мл [14].

Біологічно активні речовини актинобактерій родин Streptomycetaceae та Micromonosporaceae. Велику кількість різноманітних вторинних метаболітів утворюють і актинобактерії родин *Streptomycetaceae* та *Micromonosporaceae* (табл. 3). З кінця 40—60-х років ХХ ст. (золотий вік антибіотиків) було виділено і введено в клінічну практику значну кількість антибіотиків, синтезованих представниками роду *Streptomyces* [16]. Крім антибіотиків [17], ці актинобактерії здатні синтезувати ряд інших вторинних метаболітів: антибіотикоподібні сполуки (полікетиди [18; 19], С-глікозильовані похідні бенз[α]антрахінону [20], бенз[α]антрахіноновий антибіотик [21]), антимікробні пептиди [22; 23], інгібітори ферментів та інші речовини: кислоти, похідні фенолу та альдегіди [24—27].

Зазначимо, що найбільшу кількість актинобактерій роду *Streptomyces* було виділено з рослин. Наприклад, ендofітний штам *Streptomyces* sp. neau-D50, виділений з ризосфери сої, синтезує 3-ацетонілід-7-преніліндолін-2-он та 7-ізопреніліндол-3-карбоксіильна кислота, які за концентрацій 3,3 та 5,1 мкг/мл, відповідно, інгібують ракові клітини аденокарциноми легенів людини А-549, а також разом з іншими метаболітами (3-ціанометил-6-преніліндолом та 6-ізопреніліндол-3-карбоксіильною кислотою) проявляють антифунгальну активність щодо *Colletotrichum orbiculare* (30,55—50,22 мкг/мл), *Phytophthora capsici* (47,45—90,61 мкг/мл), *Corynespora cassiicola* (56,71—79,67 мкг/мл), *Fusarium oxysporum* (51,56—81,43 мкг/мл) [25]. Інший ендofітний штам, *Streptomyces* sp. YIM 67086 утворює похідне бензаміду, 2-аміно-3,4-дигідрокси-5-матоксibenзамід, який за концентрації 68,6 мкг/мл проявляє антиоксидантну активність [26]. Окрім цього продуцента, антиоксидантною активністю (4,61—57,12 мкг/мл) за радикалом DPPH (1,1-дифеніл-2-пікрілгідразил) характеризуються метаболіти *Streptomyces* sp. YIM 666017 [24].

Таблиця 2. Біологічно-активні метаболіти бактерій родин *Bacillaceae* та *Paenibacillaceae*

Бактерії	Метаболіти	Біологічна активність метаболітів та їх ефективна концентрація (мкг/мл) або зона затримки росту (мм)	Сфера потенційного застосування	Література
1	2	3	4	5
Вільноіснуючі				

1	2	3	4	5
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> PPCB004	Ліпopeптиди: ітурин А, феніцин, сурфактин А	Антифунгальна (фітопатогени): <i>Alternaria citri</i> (3,1 мкг/мл), <i>Botryosphaeria sp.</i> (1,0 мкг/мл), <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (3,1 мкг/мл), <i>Fusicoccum aromaticum</i> (2,1 мкг/мл), <i>Lasiodiplodia theobromae</i> (1,0 мкг/мл), <i>Penicillium crustosum</i> (1,0 мкг/мл), <i>Phomopsis perseae</i> (1,5 мкг/мл)	Сільське господарство	[8]
<i>Bacillus sp. N</i>	Дикетопіперазини: cyclo-(L-Pro-L-Leu), cyclo-(D-Pro-L-Leu) та cyclo-(D-Pro-L-Tyr)	Антимікробна: <i>Bacillus subtilis</i> МТСС 2756 (16—32 мкг/мл), <i>Staphylococcus aureus</i> МТСС 902 (16—32 мкг/мл), <i>Escherichia coli</i> МТСС 2622 (16—32 мкг/мл), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> МТСС 2642 (16 мкг/мл) Антифунгальна: (збудники хвороб людей) <i>Aspergillus flavus</i> МТСС 183 (16—64 мкг/мл), <i>Candida albicans</i> МТСС 277 (16—50 мкг/мл); (збудники хвороб рослин) <i>Fusarium oxysporum</i> МТСС 284 (8—32 мкг/мл), <i>Rhizoctonia solani</i> МТСС 4634 (4—8 мкг/мл) та <i>Penicillium expansum</i> МТСС 2006 (4—8 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість Сільське господарство	[9]
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>spizizenii</i> DSM 15029 ^T	Пептид: ентіанін	Антибактеріальна: метицилін-резистентний <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300 (8 мкг/мл), ванкоміцин-резистентний <i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 51299 (8—16 мкг/мл), <i>Micrococcus luteus</i> ATCC 9341 (4—8 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[11]
<i>Paenibacillus macerans</i> TKU029	Поверхнево-активна речовина Екзополісахарид	Антибактеріальна: <i>Escherichia coli</i> BCRC13086 (2 мг/мл), <i>Staphylococcus aureus</i> BCRC10780 (1,5 мг/мл) Антифунгальна: <i>Fusarium oxysporum</i> BCRC32121 (4 мг/мл), <i>Aspergillus fumigatus</i> BCRC30099 (7,5 мг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість Косметологія	[7]

1	2	3	4	5
Ендофітні				
<i>Bacillus subtilis</i> EDR4	Протеїн: E2	Антифунгальна: (фітопатогени) (0,52 мкг/мл) <i>Fusarium graminearum</i> (125 мМ), <i>Macrophoma</i> <i>kuwatsukai</i> (185 мМ), <i>Rhizoctonia cerealis</i> (125 мМ), <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>vasinfectum</i> (145 мМ), <i>Botrytis</i> <i>cinerea</i> (155 мМ), <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i> (225 мМ)	Сільськогосподарська промисловість	[10]
<i>Paenibacillus polymyxa</i> EJS-3	Екзополісахариди: леван та його похідні (ацетилований леван (АЛ), фосфорильований леван (ФЛ), бензиловий леван (БЛ))	Цитотоксична: клітини раку шлунка людини лінії BGC-823 (55,37—95,50% — 400 мкг/мл)	Медицина	[14]
Морського походження				
<i>Halobacillus litoralis</i> YS3106	Циклічний гексапептид: халоліторалін А Циклічні тетрапептиди: халоліторалін В-С	Антифунгальна: <i>Candida albicans</i> (20—30 мкг/мл), <i>Tricophyton rubrum</i> (25—40 мкг/мл), (патогени рослин) <i>Gaeumannomyces graminis</i> (300—400 мкг/мл), <i>Rhizoctonia cerealis</i> (200—350 мкг/мл), <i>Helminthosporium sativum</i> (300—400 мкг/мл), <i>Fusarium graminearum</i> (350—800 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість Сільськогосподарська промисловість	[12]
<i>Bacillus licheniformis</i> SAB1	Гетероциклічна сполука: індол Карбонова кислота: 3-фенілпропіонова кислота Димер фенілпропіонової кислоти: 4,4'-оксибіс (3-фенілпропіонова кислота)	Антибактеріальна: <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (4—6 мМ), <i>Staphylococcus aureus</i> (4—10 мМ), <i>Salmonella typhi</i> (4—10 мМ), <i>Vibrio cholerae</i> (4—6 мМ), <i>Streptococcus pyogenes</i> (1—6 мМ), <i>Acinetobacter</i> sp. (1—6 мМ) Антифунгальна: <i>Aspergillus fumigatus</i> (7—10 мМ), <i>Rhodotorula</i> sp. (4—10 мМ), <i>Candida albicans</i> (4—10 мМ), <i>Aspergillus niger</i> (1—6 мМ)	Медицина Фармацевтична промисловість	[15]
<i>Geobacillus thermodenitrificans</i> B3-72	Екзополісахарид: EPS-2	Антивірусна: HSV-2 в мононуклеарних клітинах периферичної крові людини (PBMC) (300 мкг/мл)	Медицина	[13]
<i>Bacillus licheniformis</i> B3-15	Екзополісахарид: EPS-1			

БІОТЕХНОЛОГІЇ

Таблиця 3. Біологічно-активні метаболіти актинобактерій родин *Streptomycetaceae* та *Micromonosporaceae*

Продуценти	Метаболіти	Біологічна активність мікробних метаболітів та їх ефективна концентрація (мкг/мл) або зона затримки росту (мм)	Сфера потенційного застосування	Література
1	2	3	4	5
Родина <i>Streptomycetaceae</i>				
Вільноіснуючі				
<i>Streptomyces sp.</i> HG29	Антибіотики: олігоміцин Е, олігоміцин А	Антифунгальна: (патогенні, токсикогенні або фітопатогенні) <i>Aspergillus carbonarius</i> M333 (2 мкг/мл), <i>A. westerdijkiae</i> NRRL 3174 (8—10 мкг/мл), <i>A. parasiticus</i> CBS 100926 (3—4 мкг/мл), <i>A. nidulans</i> KE202 (75 мкг/мл), <i>A. niger</i> OT304 (3—4 мкг/мл), <i>A. terreus</i> CT290 (75 мкг/мл), <i>A. fumigatus</i> CF140 (100 мкг/мл), <i>Penicillium expansum</i> (3 мкг/мл), <i>P. glabrum</i> (3 мкг/мл), <i>Botrytis cinerea</i> (3 мкг/мл), <i>Fusarium culmorum</i> FC200 (2—4 мкг/мл), <i>F. equiseti</i> (2 мкг/мл), <i>F. moniliforme</i> (2 мкг/мл), <i>F. proliferatum</i> (20—30 мкг/мл), <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lini</i> (8—10 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість Сільськогосподарська промисловість	[1]
<i>Streptomyces coelicolor</i> M145	Терпеноїди: альбафлавенон Полікетиди: герміцидин А, халкон	Фунгістатична: <i>Streptomyces coelicolor</i> (4 — 8 мкг/мл) Антибактеріальна: <i>Bacillus subtilis</i> (8 мкг/мл), <i>Arthrobacter crystallopoietes</i> , <i>Mycobacterium smegmatis</i>	Медицина Фармацевтична промисловість	[18]
Ендофіти				
<i>Streptomyces</i> SUK 25	Дикетопіперазин и: cyclo-(L-Val-L-Pro), cyclo-(L-Leu-L-Pro), cyclo-(L-Phe-L-Pro), cyclo-(L-Val-L-Phe) Похідна ацетаміду: N-(7-hydroxy-6-methyl-octyl)-acetamide	Антимікробна: метицилін-резистентний <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300 (15 мм), <i>Enterococcus raffinosus</i> ATCC 49464 (13—14 мм) Цитотоксична: клітини людської гепатоми НераRG (103,2—110,1 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[22]

1	2	3	4	5
<i>Streptomyces sundarbansensis</i> MS1/7 ^T	Полікетид: фаеохроміцин С	Антимікробна: <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (16 мкг/мл), метицилін-резистентний <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300 (2 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[19]
<i>Streptomyces</i> sp. YIM66017	Фталева кислота: 2,6-диметокси терефталева кислота γ-гідрокси- бутенолід: янджинхуалін А Похідне фенолу: α-гідрокси ацетованілон Циклічний дипептид: cyclo(Gly-Trp)	Антиоксидантна: за радикалом DPPH (1,1-дифеніл-2- пікрилгідразил) (4,61—57,12 мкг/мл)	Харчова промисловість	[24]
<i>Streptomyces</i> sp. neau-D50	Пренілований індол: 3-ацето- нілідин-7-прені- ліндолін-2-1 Ізопреноїди: 7-ізопреніліндол- 3-карбоксіильна кислота, 3-ціанометил-6- преніліндол, 6-ізопреніліндол- 3-карбоксіильна кислота	Цитотоксична: аденокарцинома легенів людини А-549 (3,3—5,1 мкг/мл) Антифунгальна: (фітопатогени) <i>Colletotrichum orbiculare</i> (30,55— 50,22 мкг/мл), <i>Phytophthora capsici</i> (47,45 — 90,61 мкг/мл), <i>Corynespora cassiicola</i> (56,71—79,67 мкг/мл), <i>Fusarium oxysporum</i> (51,56—81,43 мкг/мл)	Медицина Сільське господарство	[25]
<i>Streptomyces</i> sp. YIM 67086	Бензамід: 2-аміно- 3,4-дигідрокси-5- матоксибензамід Дигідроксибензо- йна кислота: 4- гідрокси-3-мето- ксибензойна кислота Похідне фенолу: фенілоцтова кислота Амід: N-ацетил- тирамін Стереоізомер дициклічних кар- бонових кислот: p-гідрокситрук- синова кислота	Антимікробна: <i>Escherichia coli</i> (64 мкг/мл), <i>Candida albicans</i> (32—64 мкг/мл) Антиоксидантна: за радикалом DPPH (1,1— дифеніл—2—пікрилгідразил) (68,6 мкг/мл)	Медицина Фармацев- тична промисловість Харчова промисловість	[26]

1	2	3	4	5
<i>Jishengella endophytica</i> 161111	β-Карбоніли: перлолірин, 1- гідрокси-β- карболін Похідне піразину: люміхром Альдегід: 1 <i>H</i> - індол-3- карбоксальдегід	Антивірусна: грип типу А (H1N1) (25,0—45,9 мкг/мл)	Медицина	[27]
Морського походження				
<i>Streptomyces</i> sp. BCC45596	С-глікозильовані похідні бенз[α]антрахіно ну: урдамцінон Е, урдамцінон G, дегідроксиаквая ліній KB (0,179—6,96 мкг/мл), MCF-7 (0,196—3,41 мкг/мл), NCI-H187 (0,092—3,97 мкг/мл)	Антималарійна: <i>Plasmodium falciparum</i> (0,0534—2,93 мкг/мл) Антитуберкульозна: <i>Mycobacterium tuberculosis</i> (3,13—12,50 мкг/мл) Цитотоксична: ракові клітини ліній KB (0,179—6,96 мкг/мл), MCF-7 (0,196—3,41 мкг/мл), NCI-H187 (0,092—3,97 мкг/мл)	Медицина	[20]
<i>Streptomyces</i> sp. CNS-575	Депсипептиди: фіджиміцини А- С Циклічний пептид: егаміцин А	Антимікробна: метицилін- резистентний <i>Staphylococcus aureus</i> (4—16 мкг/мл)	Медицина Фармацев- тична промисловість	[23]
<i>Micromonospora rosaria</i> SCSIO N160	Статіни: флуостатіни I-K, флуостатіни C-F Бенз[α]антрахіно новий антибіотик: рабеломіцин Хінон: фенантровірідон	Антибактеріальна: <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213 (0,25—32 мкг/мл), <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (16—32 мкг/мл), <i>Bacillus thuringiensis</i> SCSIO BT01 (4—8 мкг/мл), <i>Bacillus subtilis</i> SCSIO BS01 (16—64 мкг/мл) Цитотоксична: ракові клітини людини SF-268 (0,09—5,54 мкМ), MCF-7 (0,17—4,28 мкМ), NCI-H460 (2,18—9,91 мкг/мл)	Медицина Фармацев- тична промисловість	[21]

Полікетиди Гермідин А та Балкон, утворені *Streptomyces coelicolor* M145 [18] та Фаеохроміцин *Streptomyces sundarbansensis* MS1/7^T [19] у досить низьких концентраціях спричиняють антимікробний ефект щодо широкого кола мікроорганізмів: *Bacillus subtilis* (8 мкг/мл), *Escherichia coli* ATCC 25922 (16 мкг/мл), метицилін-резистентний *Staphylococcus aureus* ATCC 43300 (2 мкг/мл). Схожі властивості проявляють диспептиди фіджиміцин А-Е та циклічний пептид егаміцин А, синтезовані *Streptomyces* sp. CNS-575, які у концентрації 4—16 мкг/мл інгібують ріст метицилін-резистентного *Staphylococcus aureus*.

Окрім антимікробної активності, метаболіти актинобактерій характеризуються і цитотосичною дією.

Так, *Micromonospora rosaria* SCSIO N160, виділений з Південного Китайського моря, синтезує рабеломіцин та фенантровіридон, що за концентрацій 1,0 та 0,25 мкг/мл, відповідно, проявляють антибактеріальну дію на *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 [21]. Окрім цього, фенантровіридон за концентрацій 0,09 та 0,17 мкМ додатково інгібує ракові клітини SF-268 та MCF-7 відповідно [21]. Цитотоксична активність щодо клітини людської гепатоми НераRG (103,2–110,1 мкг/мл) та аденокарцинома легенів людини А-549 (3,3—5,1 мкг/мл) притаманна метаболітам (дикетопіперазин, похідна ацетаміду та преніловий індол, ізопреноїди) *Streptomyces* SUK 25 [22] та *Streptomyces* sp. neau-D50 [25] відповідно.

Вторинні метаболіти, синтезовані грибами. Окрім бактерій та актинобактерій, широкий спектр вторинних метаболітів синтезують гриби. Найвідомішими з них є β-лактамні антибіотики, до яких належать пеніциліни та цефалоспорини [28]. Нові, практично цінні продукти грибного походження наведено у табл. 4.

Найбільшу кількість практично цінних сполук синтезують представники класу *Eurotiomycetes*, родини *Trichocomaceae*, родів *Talaromyces*, *Aspergillus*, *Penicillium*.

Таблиця 4. Біологічно-активні метаболіти грибів

Гриби	Метаболіти	Біологічна активність мікробних метаболітів та їх ефективна концентрація (мкг/мл) або зона затримки росту (мм)	Сфера потенційного застосування	Література
1	2	3	4	5
Вільноіснуючі				
<i>Talaromyces thermophilus</i> YM1-3	Алкалоїди: талатермофіліни А та В	Нематоцидна токсичність: <i>Panagrellus redivivus</i> (0,5—1,0 мкг/мл)	Медицина	[29]
<i>T. pinophilus</i> AF-02	Естери: талароміколіди А-С Жирна кислота: 2-гідроксирадіклонова кислота	Антибактеріальна: <i>Bacillus subtilis</i> (3,13—100 мкг/мл), <i>B. megaterium</i> (12,5—100 мкг/мл), <i>Escherichia coli</i> (12,5—100 мкг/мл), <i>Clostridium perfringens</i> (12,5—100 мкг/мл), <i>Micrococcus tetragenus</i> (12,5—100 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[30]
<i>Aspergillus flavipes</i> MM2	Стерол: ергостерол Бутиролактони: бутиролактон I, аспульвінон H, бутиролактон-V, 4,4'-дигідрокси-пульвінон Аналог циклопентенону: террієн	Антибактеріальна: (40 мкг/мл) <i>Bacillus subtilis</i> (11 мм), <i>Staphylococcus aureus</i> (11—19 мм) Цитотоксична: (10 мкг/мл) солоні креветки (100%)	Медицина Фармацевтична промисловість Сільське господарство	[39]

1	2	3	4	5
<i>Aspergillus aculeatus</i> KKU-CT2	Стероїди: перекис ергостеролу, ергостерол Кислоти: секалонова кислота D та F Терпеноїд: варісколін Естер: варісколактон	Цитотоксична: KB (людська епідермічна карцинома в роті) (0,289—33,71 мкг/мл), NCI-N187 (рак легенів) (0,452—48,03 мкг/мл), MCF-7 (рак молочної залози) (1,48—30,99 мкг/мл) Антималарійна: (1,03—5,31 мкг/мл) <i>Plasmodium falciparum</i> K1 Антивірусна: <i>Herpes simplex virus type-1</i> (11,01 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[40]
<i>Penicillium brasilianum</i> LAB 34	Меротерпеноїди: дигідроаустін, аустін Спирт: D-манітол Кислота: пеніцилова	Антибактеріальна: <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213 (512 мкг/мл), <i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 15313 (256 мкг/мл), <i>Bacillus cereus</i> ATCC 1177 (256 мкг/мл), <i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028 (512 мкг/мл), <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (256 мкг/мл), <i>Citrobacter freundii</i> ATCC 8090 (256 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[41]
Ендофітні				
<i>Talaromyces</i> sp. cf-16	Алкалоїди: роквефортін C, Z-роквефортін C, вірідікатол, пенітрем A, пеніянтін A, паспалін, 3-деоксо-4b-деоксипаксілін	Токсична: <i>Artemia salina</i> (3,1—106,4 мкг/мл) Антимікробна: <i>Staphylococcus aureus</i> (8,3—11,8 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[42]
<i>Talaromyces</i> sp. ZH-154	Стереїзомери аустдіолу: 7-епіаустдіол, 8-О-метилепіаустдіол Ксантони: сецалонова кислота A, стемфіпериле-нол, норліхексантон Антрахінони: скірін, емодін	Антибактеріальна: <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 27154) (12,5—50 мкг/мл), <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922) (6,25—25 мкг/мл), <i>Sarcina ventriculi</i> (ATCC 29068) (3,12—50 мкг/мл), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 25668) (6,25—25 мкг/мл) Антифунгальна: <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231) (6,25—25 мкг/мл), <i>Aspergillus niger</i> (ATCC 13496) (6,25—50 мкг/мл), <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. cubense (12,5—50 мкг/мл) Цитотоксична: карцинома шкіри людини лінії KB (0,63—20,38 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[43]

1	2	3	4	5
<i>T. flavus</i> CCTCC M 2010266	Терпени: таларопероксиди А-D, степероксид В	Цитотоксична: клітини раку людини лінії MCF-7 (1,33—19,77 мкг/мл), MDA-MB-435 (0,91—11,78 мкг/мл), HepG2 (0,90—15,11 мкг/мл), HeLa (1,31—13,7 мкг/мл), PC-3 (0,70—5,70 мкг/мл)	Медицина	[31]
<i>Aspergillus fumigatus</i> R7	Поліненасичена жирна кислота: лінолева кислота Похідне гліцеролу: R(-)-гліцерол монолінолеат Дикетопіперазин: біс-детіо-(біс-метил-тіо)-гліотоксин Ароматичні гетероцикли: фумікіназолін-F, фумікіназолін-D Похідне аміду: (Z,Z)-N,N'-[1-[(4-Гідрокси-феніл)-метилен]-2-[(4-метокси-феніл)-метилен]-1,2-етандіол]-біс-формамід Похідне піразоліну: тример піразолін-3-one Похідне багатомного спирту: Трихо-9-ен-2 α ,-3 α ,11 α ,16-тетраол	Антитуберкульозна: <i>Mycobacterium tuberculosis</i> (48,8 нг/мл) Цитотоксична: (10 мкг/мл) солоні креветки (85%) Антибактеріальна: (40 мкг/мл) <i>Bacillus subtilis</i> (11—15 мм), <i>Staphylococcus aureus</i> (11—13 мм), <i>Streptomyces viridochromogenes</i> (12—16 мм) Антифунгальна: <i>Candida albicans</i> (11—12 мм), <i>Mucor miehi</i> (12—14 мм)	Медицина Фармацевтична промисловість	[34]
Морського походження				
<i>Talaromyces</i> sp. LF458	Оксафеналенові димери: талароміцесони А—В Ізопентеніл ксантенон: талароксантенон Похідні дифенілового етеру: $\Delta^{1',3'}$ -1'-дегідроксипеніцилід, 1',2'-дегідропеніцилід, верміксосин А—В, 3'-метокси-1'2'-дегідропеніцилід, AS-186c	Антибактеріальна: <i>Staphylococcus epidermidis</i> (1,34—17,36 мкг/мл), метицилін-резистентний <i>Staphylococcus aureus</i> (1,71—19,5 мкг/мл) Цитотоксична: ракові клітини ліній NIH 3 T3 (20,19—41,21 мкг/мл), Hep G2 (25,41—38,95 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[32]

1	2	3	4	5
<i>Talaromyces</i> sp. HQ596522	Похідні дифенілового етеру: талароміцини А-С, метиловий естер тенелінової кислоти А, пурпактін С, пурпактін С', Δ ^{1'} ,3',-1'-дегідроксипеніцилід, пеніцилід, пурпактін А	Цитотоксична: гепатоми НерG2 (4,3 мкг/мл) та Нер3В (9,0 мкг/мл), рак молочної залози MCF-7/ADR (8,2—16,4 мкг/мл), рак передміхурової залози PC-3 (7,8—15,8 мкг/мл), рак товстої кишки НСТ-116 (9,8—15,1 мкг/мл) Антизапальна: <i>Balanus amphitrite</i> (2,2—4,8 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[33]
<i>Aspergillus</i> sp.	Алкалоїд: 3-((1-гідрокси-3-(2-метилбут-3-ен-2-ил)-2-оксоіндолін-3-ил)метил)-1-метил-3,4-дигідробензо[e][1,4]діазепін-2,5-діон Терпеноїд: аусталід R Похідне гідроксицінамічної кислоти: 8-О-4-дегідродиферулова кислота Цитохалазін: цитохалазін Z17 Лактам: дигідроізофлавіпурин	Антибактеріальна: <i>Staphylococcus aureus</i> (0,001 мкг/мл), <i>Halomonas aquamarina</i> (0,001—0,1 мкг/мл), <i>Polaribacter irgensii</i> (0,01—0,1 мкг/мл), <i>Pseudoalteromonas elyakovii</i> (0,001—0,1 мкг/мл), <i>Roseobacter litoralis</i> (0,0001—0,01 мкг/мл), <i>Shewanella putrefaciens</i> (0,001—0,1 мкг/мл), <i>Vibrio harveyi</i> (0,001—0,1 мкг/мл), <i>V. natriegens</i> (0,001—10 мкг/мл), <i>V. proteolyticus</i> (0,1 мкг/мл), <i>V. carchariae</i> (0,01—1 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[36]
<i>Penicillium brocae</i> MA-231	Похідні дикетопіперазину: пеніциброцазини А—Е, конгенер	Антибактеріальна: <i>Staphylococcus aureus</i> (0,25—32 мкг/мл), <i>Micrococcus luteus</i> (0,25 мкг/мл), (патогени рослин) <i>Gaeumannomyces graminis</i> 0,25—64 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість Сільськогосподарська промисловість	[38]
<i>Penicillium commune</i> QSD-17	Похідні азафілону: комазафілони А-Ф	Антибактеріальна: метицилін-резистентний <i>Staphylococcus aureus</i> (16—128 мкг/мл), <i>Pseudomonas fluorescens</i> (16—128 мкг/мл), <i>Bacillus subtilis</i> (16—256 мкг/мл) Цитотоксична: аденокарцинома підшлункової залози SW1990 (26—53 мкг/мл)	Медицина Фармацевтична промисловість	[37]

Велика кількість грибів роду *Talaromyces* синтезують різноманітні алкалоїди та естери [29–33]. Наприклад, штам *Talaromyces thermophilus* YM1-3 утворює алкалоїди талатермофілінс А та В, яким за концентрації 0,5—1,0 мкг/мл притаманна нематоцидна активність щодо *Panagrellus redivivus* [29].

Штам *T. pinophilus* AF-02 продукує естери талароміколіди А-С, які за концентрації 6,25—25 мкг/мл інгібують ріст *Clostridium perfringens* (А і С) та *Bacillus megaterium* (В) [30]. Крім естерів, цей мікроорганізм синтезує жирну кислоту 2-гідроксирадiклонову кислоту, яка у концентрації 12,5 мкг/мл пригнічує ріст *Escherichia coli*.

Представники роду *Talaromyces* утворюють також і терпени. Так, *T. flavus* ССТСС М 2010266 синтезує таларопероксиди А-Д, степероксид В, що проявляють цитотоксичний ефект на клітини раку людини лінії MCF-7 (1,33—19,77 мкг/мл), MDA-MB-435 (0,91—11,78 мкг/мл), HepG2 (0,90—15,11 мкг/мл), HeLa (1,31—13,7 мкг/мл), PC-3 (0,70—5,70 мкг/мл) [31]. Цитотоксичною дією щодо ракових клітин ліній NIH 3 T3, Hep G2 [32] та гепатоми HepG2, Hep3В, раку молочної залози MCF-7/ADR, раку передміхурової залози PC-3, раку товстої кишки HCT-116 [33] характеризуються і похідні дифенілового етеру, синтезовані *Talaromyces* sp. LF458 та *Talaromyces* sp. HQ596522.

Відомими продуцентами вторинних метаболітів є також гриби роду *Aspergillus* і *Penicillium*. Так, ендодіт *Aspergillus fumigatus* R7 утворює фумікіназолін-F та фумікіназолін-D, які за концентрації 40 мкг/мл інгібують ріст *Bacillus subtilis* (зона затримки росту 12 та 15 мм відповідно), *Staphylococcus aureus* (12 та 15 мм), *Candida albicans* (11 та 11 мм) та *Mucor miehi* (12 та 13 мм) [34]. Окрім ендодітних штамів, до синтезу практично цінних вторинних метаболітів здатні і морські гриби. Так, *Aspergillus flavipes* LF584 та *Aspergillus* sp. продукують цитохалазани — інгібітори ферментів, що діють на проліферацію ракових клітин: недрібноклітинний рак легенів NCI-H460 (3,4—55,2 мкг/мл), MCF-7 (5,0—33,4 мкг/мл), гліома центральної нервової системи SF-268 (3,9—52,6 мкг/мл) [35] та інгібують ферменти синтезу білка, проявляючи тим самим антибактеріальний ефект щодо широкого спектру мікроорганізмів у досить низькій (0,001—0,1 мкг/мл) концентрації [36].

Штам *Penicillium commune* QSD-17, виділений із зразків Південного Китайського моря, синтезує похідні азафінолу — комазафіноли А—F, з яких камафізоли С—Е проявляють антибактеріальну активність щодо метицилін-резистентного *Staphylococcus aureus* (16—128 мкг/мл), *Pseudomonas fluorescens* (16—128 мкг/мл) та *Bacillus subtilis* (16—256 мкг/мл), а комазафіноли D—F — цитотоксичну дію на аденокарценоми підшлункової залози SW1990 [37]. Інший морський штам *Penicillium brocae* MA-231 продукує похідні дикетопіперазину: пеніціброцазини А—Е, конгенер, що проявляють антибактеріальну дію на *Staphylococcus aureus* (0,25—32 мкг/мл), *Micrococcus luteus* (0,25 мкг/мл), та антифунгальну — на *Gaeumannomyces graminis* (0,25—64 мкг/мл) [38].

Висновки

Отже, вторинні метаболіти, синтезовані бактеріями родин *Bacillaceae* та *Raenibacillaceae*, актинобактеріями родин *Streptomyetaceae* та *Micromonosporaceae*, а також грибами родини *Trichocomaceae* у вигляді комплексу

подібних сполук та речовин, що належать до різних класів, завдяки широкому спектру біологічної активності можуть стати альтернативою відомим антимікробним сполукам у медицині, ветеринарії та сільському господарстві.

Література

1. Безбородов А.М., Квеситадзе Г.И. Микробиологический синтез. Санкт-Петербург: проспект Науки. 2011. 144 с.
2. Bowler P.G. Antibiotic resistance and biofilm tolerance: a combined threat in the treatment of chronic infections. *J. Wound Care*. 2018. Vol. 27, No. 5. P. 273—277. doi: 10.12968/jowc.2018.27.5.273.
3. Purves K., Macintyre L., Brennan D., Hreggviðsson G.Ó., Kuttner E., Ásgeirsdóttir M.E., Young L.C., Green D.H., Edrada-Ebel R., Duncan K.R. Using molecular networking for microbial secondary metabolite bioprospecting. *Metabolites*. 2016. Vol. 6, No. 1. doi: 10.3390/metabo6010002.
4. Kundranda M.N., Niu J. Albumin-bound paclitaxel in solid tumors: clinical development and future directions. *Drug Des Devel Ther*. 2015. Vol. 24, No. 9. P. 3767—3777. doi: 10.2147/DDDT.S88023.
5. Martínez-Castro M., Barreiro C., Romero F., Fernández-Chimeno R.I., Martín J.F. *Streptomyces tacrolimicus* sp. nov., a low producer of the immunosuppressant tacrolimus(FK506). *Int J. Syst Evol Microbiol*. 2011. Vol. 61, No. 5. P. 1084—1088. doi: 10.1099/ijs.0.024273-0.
6. Boruta T., Bizukojc M. Production of lovastatin and itaconic acid by *Aspergillus terreus*: a comparative perspective. *World J. Microbiol Biotechnol*. 2017. Vol. 33, No. 2. doi: 10.1007/s11274-017-2206-9.
7. Liang T.-W., Wu C.-C., Cheng W.-T. et. al. Exopolysaccharides and antimicrobial biosurfactants produced by *Paenibacillus macerans* TKU029. *Appl. Biochem. Biotechnol*. 2014. Vol. 172, No. 2. P. 933 950. doi:10.1007/s12010-013-0568-5
8. Arrebola E., Jacobs R. and Korsten L. Iturin A is the principal inhibitor in the biocontrol activity of *Bacillus amyloliquefaciens* PPCB004 against postharvest fungal pathogens. *J. Appl. Microbiol*. 2010. Vol. 108, No. 2. P. 386—395.
9. Kumar S.N., Mohandas C., Siji J.V. et. al. Identification of antimicrobial compound, diketopiperazines, from a *Bacillus* sp. N strain associated with a rhabditid entomopathogenic nematode against major plant pathogenic fungi. *J. Appl. Microbiol*. 2012. Vol. 113, No. 4. P. 914—924. doi: 10.1111/j.1365-2672.2012.05385.x.
10. Liu B., Huang L., Buchenauer H. et. al. Isolation and partial characterization of an antifungal protein from the endophytic *Bacillus subtilis* strain EDR4. *Pestic. Biochem. Phys*. 2010. Vol. 98, No. 2. P. 305—311.
11. Fuchs S.W., T.W., Bochmann S. et. al. Entianin, a novel subtilin-like lantibiotic from *Bacillus subtilis* subsp. spizizenii DSM 15029T with high antimicrobial activity. *Appl. Environ. Microbiol*. 2011. Vol. 77, No. 5. P. 1698—1707. doi: 10.1128/AEM.01962-10.
12. Habbu P., Warad V., Shastri R. et. al. Antimicrobial metabolites from marine microorganisms. *Chin. J. Nat. Med*. 2016. Vol. 14, No. 2. P. 101—116.
13. Poli A., Anzelmo G., Nicolaus B. et. al. Bacterial exopolysaccharides from extreme marine habitats: production, characterization and biological activities. *Mar. Drugs*. 2010. Vol. 8, No. 6. P. 1779—1802. doi: 10.3390/md8061779.
14. Liu J., Luo J., Ye H. et. al. Preparation, antioxidant and antitumor activities in vitro of different derivatives of levan from endophytic bacterium *Paenibacillus polymyxa* EJS-3. *Food. Chem. Toxicol*. 2012. Vol. 50, No. 3—4. P. 767—772. doi: 10.1016/j.fct.2011.11.016.
15. Devi P., Wahidullah S., Rodrigues C. et. al. The sponge-associated bacterium *Bacillus licheniformis* SAB1: a source of antimicrobial compounds. *Mar. Drugs*. 2010. Vol. 8, No. 4. P. 1203—1212. doi: 10.3390/md8041203.

16. Hwang K.-S., Kim H. U., Charusanti P. et. al. Systems biology and biotechnology of *Streptomyces species* for the production of secondary metabolites. *Biotechnol. Adv.* 2014. Vol. 32, No. 2. P. 255—268. doi: 10.1016/j.biotechadv.2013.10.008.
17. Khebbizi N., Boudjella H., Bijani C. et. al. Oligomycins A and E, major bioactive secondary metabolites produced by *Streptomyces* sp. strain HG29 isolated from a Saharan soil. *J. Mycol. Med.* 2018. Vol. 28, No. 1. doi: 10.1016/j.mycmed.2017.10.007.
18. Cihák M., Kameník Z., Šmídová K. et. al. Secondary metabolism of germinating *Streptomyces* spores. *Front. Microbiol.* 2017. Vol. 8. P. 1—13. doi: 10.3389/fmicb.2017.02495.
19. Djinni I., Defant A., Kecha M. et. al. Antibacterial polyketides from the marine alga-derived endophytic *Streptomyces sundarbansensis*: a study on hydroxypyrrone tautomerism. *Mar. Drugs.* 2013. Vol. 11, No. 1. P. 124—135. doi: 10.3390/md11010124.
20. Spong K., Thawai C., Suwanborirux K. et. al. Antimalarial and antitubercular C-glycosylated benz[α]anthraquinones from the marine-derived *Streptomyces* sp. BCC45596. *Phytochem. Lett.* 2012. Vol. 5, No. 3. P. 651—656. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2012.06.015>.
21. Zhang W., Liu Z., Li S. et. al. Fluostatins I—K from the south china sea-derived *Micromonospora rosaria* SCSIO N160. *J. Nat. Prod.* 2012. Vol. 75, No. 11. P. 1937—1943. doi: 10.1021/np300505y.
22. Alshaibani M. M., Zin N. M., Jalil J. et. al. Isolation, purification, and characterization of five active diketopiperazine derivatives from endophytic *Streptomyces* SUK 25 with antimicrobial and cytotoxic activities. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2017. Vol. 27, No. 11. P. 1249—1256. doi: 10.4014/jmb.2017.2711.2074.
23. Sun P., Maloney K. N., Nam S.-J. et. al. Fijimycins A C, three antibacterial etamycin-class depsipeptides from a marine-derived *Streptomyces* sp.. *Bioorg. Med. Chem.* 2011. Vol. 19, No. 22. P. 6557—6562. doi: 10.1016/j.bmc.2011.06.053.
24. Zhou H., Yang Y., Peng T. et. al. Metabolites of *Streptomyces* sp., an endophytic actinomycete from *Alpinia oxyphylla*. *Nat. Prod. Res.* 2014. Vol. 28, No. 4. P. 265—267.
25. Zhang J., Wang J.-D., Liu C.-X. et. al. A new prenylated indole derivative from endophytic actinobacteria *Streptomyces* sp. neau-D50. *Nat. Prod. Res.* 2014. Vol. 28, No. 4. P. 431—437. doi: 10.1080/14786419.2013.830219
26. Yang X., Peng T., Yang Y. et. al. Antimicrobial and antioxidant activities of a new benzamide from endophytic *Streptomyces* sp. YIM 67086. *Nat. Prod. Res.* 2015. Vol. 29, N 4. P. 331—335. doi: 10.1080/14786419.2014.945174.
27. Wang P., Kong F., Wei J. et. al. Alkaloids from the mangrove-derived actinomycete *Jishengella endophytica* 161111. *Mar. Drugs.* 2014. Vol. 12, n 1 P. 477—490. doi: 10.3390/md12010477.
28. Boruta T. Uncovering the repertoire of fungal secondary metabolites: from Fleming's lab to the International Space Station. *Bioengineered.* 2018. V. 9, No. 1. P. 12—16. doi: 10.1080/21655979.2017.1341022.
29. Zhai M.-M., Li J., Jiang C.-X. et. al. The bioactive secondary metabolites from *Talaromyces species*. *Nat. Prod. Bioprospect.* 2016. Vol. 6, No. 1. P. 1—24. doi: 10.1007/s13659-015-0081-3.
30. Zhai M.M., Niu H.T., Li J. et. al. Talaromycolides A C, novel phenyl-substituted phthalides isolated from the green chinese onion-derived fungus *Talaromyces pinophilus* AF-02. *J. Agric. Food Chem.* 2015. Vol. 63, No. 43. P. 9558—9564. doi: 10.1021/acs.jafc.5b04296.
31. Nicoletti R., Salvatore M. M., Andolfi A. Secondary metabolites of mangrove-associated strains of *Talaromyces*. *Mar. Drugs.* 2018. Vol. 16, No. 12. doi:10.3390/md16010012.
32. Wu B., Ohlendorf B., Oesker V. et. al. Acetylcholinesterase inhibitors from a marine fungus *Talaromyces* sp. strain LF458. *Mar. Biotechnol.* (NY). 2015. Vol. 17, No. 1. P. 110—119. doi: 10.1007/s10126-014-9599-3.
33. Chena M., Hana L., Shao C.-L. et. al. Bioactive diphenyl ether derivatives from a gorgonian-derived fungus *Talaromyces* sp.. *Chem. Biodivers.* 2015. Vol. 12, No. 3. P. 443—450. doi: 10.1002/cbdv.201400267.

34. Shaaban M., Nasr H., Hassan A. Z. et. al. Bioactive secondary metabolites from endophytic *Aspergillus fumigatus*: structural elucidation and bioactivity studies. *Rev. Latinoamer. Quím.* 2013. Vol. 41, No. 1. P. 50—60.
35. Wiese J., Ohlendorf B., Blümel M. et. al. Phylogenetic identification of fungi isolated from the marine sponge *Tethya aurantium* and identification of their secondary metabolites. *Mar. Drugs.* 2011. Vol. 9, No. 4. P. 561—585. doi: 10.3390/md9040561.
36. Zhoua Y., Debbaba A., Wray V. et. al. Marine bacterial inhibitors from the sponge-derived fungus *Aspergillus* sp.. *Tetrahedron. Lett.* 2014. Vol. 55, No. 17. P. 2789—2792.
37. Gao S.-S., Li X.-M., Zhang Y. et. al. Comazaphilones A-F, azaphilone derivatives from the marine sediment-derived fungus *Penicillium commune* QSD-17. *J. Nat. Prod.* 2011. Vol. 74, No. 2. P. 256—261. doi: 10.1021/np100788h.
38. Meng L.-H., Zhang P., Li X.-M. et. al. Penicibrocazines A E, five new sulfide diketopiperazines from the marine-derived endophytic fungus *Penicillium brocae*. *Mar. Drugs.* 2015. Vol. 13, No. 1. P. 276—287. doi: 10.3390/md13010276.
39. Nagia M. M., El-Metwally M. M., Shaaban M. et. al. Four butyrolactones and diverse bioactive secondary metabolites from terrestrial *Aspergillus flavipes* MM2: isolation and structure determination. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2012. Vol. 2, No. 1. doi: 10.1186/2191-2858-2-9.
40. Yodsing N., Lekphrom R., Sangsopha W. et. al. Secondary metabolites and their biological activity from *Aspergillus aculeatus* KKU-CT2. *Curr. Microbiol.* 2017. Vol. 75, No. 5. doi: 10.1007/s00284-017-1411-y.
41. Bazioli J. M., Amaral L. D. S., Fill T. P. et. al. Insights into *Penicillium brasilianum* secondary metabolism and its biotechnological potential. *Molecules.* 2017. Vol. 22, No. 6. doi:10.3390/molecules22060858.
42. Haibin Y., Fang L., Naiyun J. Alkaloids from an algicolous strain of *Talaromyces* sp.. *Chin. J. Oceanol. Limn.* 2015. Vol. 34, No. 2. doi: 10.1007/s00343-015-4316-2.
43. Liu F., Cai X.-L., Yang H. et. al. The bioactive metabolites of the mangrove endophytic fungus *Talaromyces* sp. ZH-154 isolated from *Kandelia candel* (L.) Druce. *Planta. Med.* 2010. Vol. 76, No. 2. P. 185—189. doi: 10.1055/s-0029-1186047.

COMPARISON OF EU AND UKRAINE REGULATORY FRAMEWORK FOR BIOGAS PRODUCTION

Ye. Shapovalov, V. Shapovalov

National center of “Junior academy of science”

O. Salavor, I. Yakymeko

National University of Food Technology

Key words:

*Eurointegration
Biogas production
Fertilizer
Harmonization
Waste utilization*

Article history:

Received 10.09.2018
Received in revised form
26.09.2018
Accepted 11.10.2018

Corresponding author:

Ye. Shapovalov
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The relevance of the analysis of the legislation of Ukraine and the EU is substantiated. It is described that the providing of methane fermentation with biogas production can reduce the emissions of carbon (IV) oxide up to 86%. The purpose of the work was to analyze the regulatory framework for biogas production in Ukraine and the EU and to propose the aspects of harmonization. The object of the study is the legislation of Ukraine and the EU. The subject of the study is a way of harmonizing Ukrainian legislation to EU's legislation on biogas production. The analysis of the legislation concerning biogas production, waste, features of connection of biogas objects to the gas network, process control characteristics, fertilization and transportation was provided. The state of biogas technologies development in Ukraine and the EU is observed.

The strategies of development “Europe 2020” and “Ukraine 2020” for biogas production are analyzed. It is substantiated that Ukrainian legislation is sufficiently harmonized with the EU legislation on biogas production and, in some aspects, is even more developed, in particular, obtaining biogas from landfills and disposing of excessive amounts of biofertilizer. However, some aspects of biogas production in Ukrainian legislation are not regulated enough and need to be harmonized with the EU legislation. There is better regulation of methane fermentation process control covered by the EU legislation. The aspects of stimulating waste utilization through methanogenesis are more specific in European legislation and include mitigation requirements for biogas installations and a revision of the regulatory framework for enhancing incentives. Strategic plans for the implementation of alternative sources in Ukraine are much less ambitious than in the EU.

ПОРІВНЯННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ЄС ТА УКРАЇНИ ЩОДО ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Є.Б. Шаповалов, В.Б. Шаповалов

Національний центр «Мала академія наук України»

О.М. Салавор, І.Л. Якименко

Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано актуальність аналізу нормативної бази України та ЄС. Описано, що впровадження біогазових установок дасть змогу знизити викиди карбон (IV) оксиду на значення до 86%. Проаналізовано нормативну базу щодо виробництва біогазу в Україні та ЄС і визначено аспекти гармонізації. Об'єктом дослідження є нормативні бази України та ЄС. Предметом — шляхи гармонізації законодавства України до законодавства ЄС щодо виробництва біогазу. Проведено аналіз законодавства, що стосується виробництва біогазу, щодо відходів, особливостей підключення біогазових об'єктів до газомережі, особливостей контролю процесу, утворення добрив та їх транспортування, а також проаналізовано стан розвитку біогазових технологій в Україні та ЄС.

Проаналізовано стратегії розвитку «Європа 2020» та «Україна 2020» щодо виробництва біогазу. Обґрунтовано, що українське законодавство є досить гармонізованим із законодавством ЄС щодо виробництва біогазу та, в деяких аспектах, є навіть більш розвиненим, зокрема щодо отримання біогазу з полігонів ТПВ та утилізації надмірної кількості біодобрив. Однак окремі аспекти виробництва біогазу в українському законодавстві врегульовані недостатньо та потребують гармонізації із законодавством ЄС. Деяке краще регулювання контролю процесу метанової ферментації висвітлено в законодавстві ЄС. Аспекти стимулювання утилізації відходів шляхом метаногенезу є більш конкретними у європейському законодавстві та передбачають пом'якшені вимоги щодо викидів біогазових установок і перегляд нормативної бази для покращення стимулювання. Стратегічні плани щодо впровадження альтернативних джерел в Україні є значно менш амбітними, ніж у ЄС, і законодавство ЄС щодо менеджменту відходів стимулює впровадження біогазових технологій.

Ключові слова: *євроінтеграція, виробництво біогазу, дегістат, гармонізація, утилізація відходів.*

Постановка проблеми. Утилізація відходів шляхом метанової ферментації є важливою складовою сталого розвитку. Це дає змогу забезпечити зниження викидів карбон (IV) оксиду, зокрема, у тваринництві. Так, відповідно до Директиви 2009/28/ЄС [18], метанова ферментація відходів може забезпечити зниження викидів парникових газів до 86%. Ріст парникових газів протягом XX та XXI століть є логарифмічним (рис. 1), що призводить до негативних наслідків — глобального потепління.

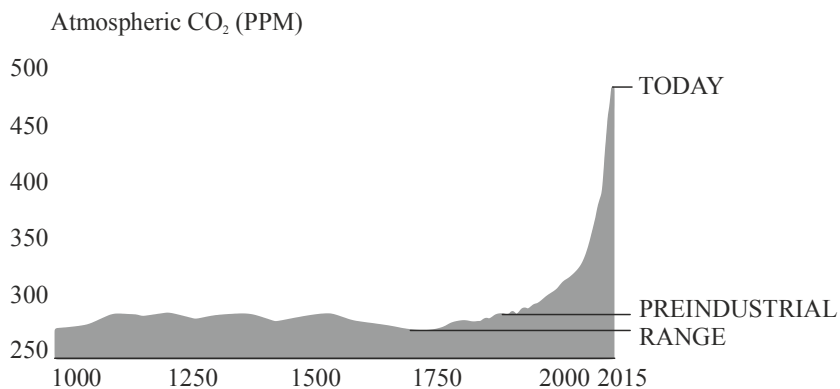


Рис. 1. Динаміка вмісту карбон (IV) оксиду

Особливості регулювання функціонування біогазових установок значною мірою впливають на поширення технології, тому порівняння нормативної бази в Україні та ЄС з цього напрямку є актуальним.

Метою статті є порівняння нормативної бази щодо впровадження біогазових технологій в Україні та ЄС.

Викладення основних результатів дослідження. *Загальний стан нормативної бази щодо виробництва біогазу.* Стратегічні документи «Європа 2020» [20] та «Україна 2020» [17] певною мірою передбачають впровадження біогазових технологій. Обидві стратегії передбачають впровадження альтернативних джерел енергії, однак аспект щодо зниження викидів парникових газів зазначений лише у європейській стратегії. Порівняння стратегічних документів «Європа 2020» та «Україна 2020» щодо метаногенезу відходів представлено у табл. 1.

Таблиця 1. Порівняння стратегічних документів «Європа 2020» та «Україна 2020» щодо метаногенезу відходів [17, 20]

Основні цілі	«Європа 2020» [20]	«Україна 2020» [17]
Викиди парникових газів	Зниження на 20% (порівняно з 1990 р.)	Не регламентується
Отримання енергії з відновлюваних джерел	Забезпечення 20% виробленої енергії з відновлювальних джерел	Впровадження альтернативних джерел енергії

Загалом, у зв'язку із складністю процесу, регулювання відносин щодо виробництва біогазу здійснюється відповідно до законів і правових актів щодо атмосферного повітря, відходів, альтернативної енергетики, газотранспортної мережі та, власне, виробництва біогазу. Доцільно зазначити, що українське законодавство має більше статей, які регулюють виробництва та використання біогазу. Однак кількість спеціалізованих нормативно-правових актів, що реально впливають на врегулювання відносин при виробництві біогазу в Україні, є значно меншою порівняно із законодавством ЄС.

Законодавство ЄС передбачає стимулювання виробництва біогазу. Так, у ЄС впровадження біогазових технологій є одним із критеріїв успішності

проекту [33], для виробництва біогазу встановлюються м'якші вимоги щодо викидів парникових газів [24]. Крім того, законодавство ЄС стимулює виконання національних планів щодо впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), передбачає співпрацю з іншими країнами [18] та інтенсифікацію розвитку біогазових проектів шляхом перегляду нормативної бази [19].

Українське законодавство також передбачає стимулювання виробництва біогазу, визначаючи, що він є одним з найбільш перспективних напрямків ВДЕ [15] та одним з шляхів зниження енергозалежності [16]. Окрім того, на сьогодні в Україні чинним є скасування реєстрів виробників біогазу [14].

Директивою 2009/28/ЄС [18] і Технічним регламентом 2016/426 [32] з боку ЄС, Законом України «Про ринок природного газу» [7] і постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (Нацкомісія) «Про затвердження Кодексу газотранспортної системи» [12], затверджено можливість біогазу бути підключеним до газо- та енергомереж. Проте в Україні законодавством передбачається, що підприємства, які виробляють біогаз, самостійно забезпечують організацію прийому-передачі біогазу та облаштування місць відбору [11]. В той же час Директивою 2009/28/ЄС [18] регламентується пріоритетність використання енергії, отриманої з біогазу, на теренах ЄС.

На сьогодні Україна має досить високий зелений тариф для біогазу, що становить близько 0,14 €/кВт год. Витяг із Закону України «Про електроенергетику» щодо «зеленого» тарифу представлений у табл. 2.

Таблиця 2. Витяг із Закону України «Про електроенергетику» щодо «зеленого» тарифу [2]

Категорії об'єктів електроенергетики, для яких застосовується «зелений» тариф	Коефіцієнт «зеленого тарифу для об'єктів або його черг/пускових комплексів, введених в експлуатацію»														
	по 31.03.2013 включно	з 01.04.2013	по 31.12.2014	з 01.01.2015	по 30.06.2015	з 01.07.2015	по 31.12.2015	з 01.01.2016	по 31.12.2016	з 01.01.2017	по 31.12.2019	з 01.01.2020	по 31.12.2024	з 01.01.2025	по 31.12.2029
для електроенергії виробленої з біогазу	—	2,30	2,07	2,30		2,07		1,84		1,84		1,84		1,84	

Положення щодо утилізації відходів. Законодавство ЄС про відходи також позитивно впливає на розвиток біогазових технологій. Так, основні принципи ЄС щодо відходів такі: «збруднювач платить», «відповідальність виробника» та «принцип утилізації відходів на місці їх утворення» [25]. Окрім того, Директива 2008/98/ЄС регламентує порядок поводження з відходами: першочергове, запобігання утворенню відходів; а в разі, якщо це неможливо, необхідно утилізувати відходи з утворенням енергії; і лише в разі, якщо це неможливо, утилізувати (спалювати) відходи без отримання енергії; і в останню чергу — розміщувати відходи на сміттєзвалищах [25]. Враховуючи, що метаногенез відходів передбачає їх утилізацію з утворенням енергії, така технологія відповідає вимогам законодавства ЄС.

Відповідно до статей 12—14 Технічного регламенту ЄС №1069/2009 [31] та Закону України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною» [6] виробництво біогазу дозволяється з відходів тваринного походження другої й третьої категорії, якщо це не заборонено іншими законодавчими актами. Технічний регламент ЄС №185/2007 [21] вказує на метаногенез як один з перспективних напрямків утилізації тваринних відходів, а Директива 1999/31/ЄС [28] визнає, що метаногенез є одним із перспективних напрямків зниження забруднення навколишнього середовища при поводженні з відходами.

Додаткові нормативні документи, що врегульовують відносини у сфері поводження з відходами у ЄС та Україні, представлено у табл. 3.

Таблиця 3. Порівняння нормативних документів у ЄС та Україні щодо поводження з відходами

Документ в ЄС	Предмет нормування	Аналог в Україні
Договір про функціонування ЄС [23]	Загальні аспекти щодо споживання та виробництва	Конституція України (статті 50 та 66) [9]
Стратегія щодо відходів у Європейській спільноті COM (96)399 [22]	Утворення та транспортування відходів	—
Директива 2008/98/ЄС про відходи [25]	Регламентує умови щодо поводження з відходами, порядок поводження з відходами	Закон України «Про відходи» [1], Класифікатор відходів 005-96 [8]
Директива 2008/98/ЄС про відходи [25]	Визначає особливості поводження з небезпечними відходами	Закон України «Про відходи» [4], ДК 005-96 [5]
Директива 2008/98/ЄС про відходи [25]	Особливості транспортування відходів	Закон України «Про відходи» [4]
Директива 1999/31 щодо відходів на полігонах [28]	Особливості захоронення відходів та визначає види полігонів	Закон України «Про відходи» [4]

Відповідно до постанови Нацкомісії «Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з захоронення побутових відходів» [13] полігони твердих побутових відходів (ТПВ) повинні бути забезпеченими системами збору біогазу. На нашу думку, виконання цього зобов'язання у повному обсязі є досить складним. Однак відомо, що на сьогодні полігони ТПВ в Україні досить стрімко оснащуються системами збору біогазу.

Реалізація утворених добрив. Законодавство ЄС та України передбачають можливість розміщення на ринку утвореного дегістату [6; 31]. В українському законодавстві добриво, отримане з відходів шляхом метанової ферментації, входить до переліку добрив і покращувачів ґрунту як окремий пункт «дегістат біогазу, який містить похідні продукти, що компостуються з матеріалами рослинного і тваринного походження, зазначеними в цьому додатку» [10]. Окрім того, існує британський стандарт щодо біогазового дегістату PAS 110:2014 [29], однак українського стандарту щодо добрив немає. Відповідно до Закону України «Про відходи» [4] забороняється будувати біогазові установки без систем утилізації рідкої фази.

Відповідно до ДСТУ 4516:2006 «Енергоощадність. Поновлювані джерела енергії. Установки біогазові. Загальні технічні вимоги» добриво, отримане внаслідок роботи БГУ, має бути виконано у формі гранул, висушених до вологості не більше 12% за температури 20°C.

Отже, реалізація дегістату, на нашу думку, стимулюється українським законодавством краще та є більш прогресивним, хоча на практиці такий ефект непомітний.

Контроль процесу. Законодавство ЄС зобов'язує враховувати розробки стандартів Європейського комітету стандартизації (CEN) при впровадженні біогазових технологій [26]. Окрім того, на біогазових установках повинна бути запроваджена система НАССР [31].

В Україні біогазові установки повинні відповідати ДСТУ 4516:2006 «Енергоощадність. Поновлювані джерела енергії. Установки біогазові. Загальні технічні вимоги», ДСТУ 7014:2009 «Установки біогазові присадибні. Загальні технічні вимоги» або за технічними умовами.

Транспортування. Транспортування продуктів метаногенезу до країн, що не є членами OECD, заборонене [31]. Метаногенний ефлюент може бути транспортований лише за умови, якщо адміністрація держави-члена відправника поінформувала адміністрацію держави-члена отримувача та між ними була підписана угода [30].

Законодавство України частково відповідає законодавству ЄС у цій сфері. Проте доцільно зазначити, що в деяких аспектах українське законодавство є більш прогресивним, зокрема щодо отримання біогазу з полігонів ТПВ й утилізації надлишкового дегістату. Порівняння законодавчої бази України та ЄС щодо відходів представлено у табл. 4.

Таблиця 4. Порівняння законодавчої бази України та ЄС щодо виробництва біогазу

Напрямок	Відповідність законодавства України нормативній базі ЄС	Пропозиція/коментар
Загальні положення	Досить повна відповідність	Гармонізувати положення законодавства ЄС щодо стимулювання виробництва біогазу
Положення щодо поводження з біогазом	Повна відповідність	—
Положення щодо поводження з відходами	Досить повна відповідність	Гармонізувати ієрархію поводження з відходами та класифікацію відходів
Положення щодо біодобрив	Повна відповідність, українське законодавство є більш цілісним і глибоким	В українському законодавстві висвітлено аспект щодо необхідності утилізації надлишкового біодобрива
Положення щодо контролю процесу	Висока ступінь невідповідності	Гармонізувати аспекти щодо контролю процесу
Транспортування	Відсутність відповідності, українське законодавство не враховує аспекти транспортування відходів	Гармонізувати особливості транспортування відходів

Стан галузі. Станом на 2018 р. в Україні діє близько 40 об'єктів, які є виробниками біогазу. Цього замало, порівнюючи з показниками європейських країн. Так, у Німеччині, відповідно до статистики Європейської біогазової асоціації, функціонує майже 11 тис. біогазових установок. Отже, ймовірно, законодавство ЄС врегулює відносити щодо виробництва біогазу дещо ефективніше. Загальна статистика щодо впровадження біогазових технологій у ЄС представлена на рис. 2.

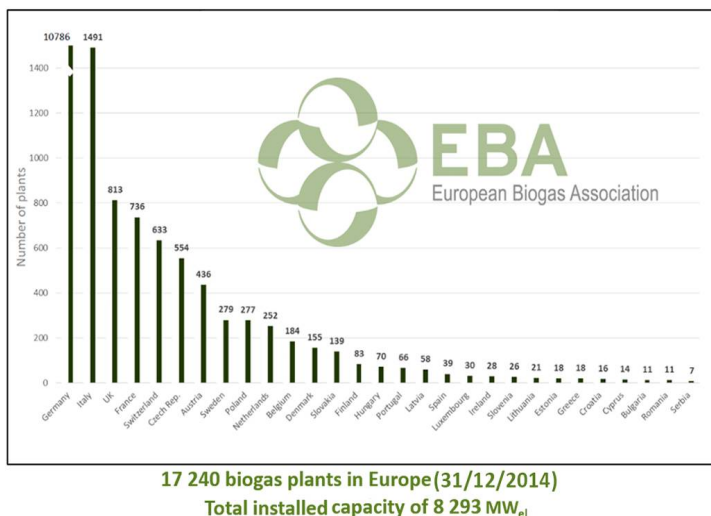


Рис. 2. Кількість біогазових установок у країнах ЄС у 2014 р. [27]

Висновки

1. Вперше проведено порівняльний аналіз законодавства України та ЄС щодо отримання біогазу з органічних відходів.
2. З'ясовано, що ряд нормативних документів ураховують досвід ЄС і гармонізовані з європейським законодавством.
3. Дещо більш розвинутим є українське законодавство щодо утилізації надлишкового дегістату та щодо отримання біогазу з полігонів ТПВ.
4. Запропоновано гармонізувати законодавство України з законодавством ЄС щодо поводження з відходами, транспортування дегістату та особливостей контролю метаногенезу відходів.

Література

1. Державний стандарт України. ДСТУ 3803-98 «Біотехнологія. Терміни і визначення», видання офіційне. Київ: ДЕРЖАСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 1999 р.
2. Державний стандарт України. ДСТУ 4516:2006 «Енергоощадність. Поновлювачі джерела енергії установки біогазові. Загальні технічні вимоги», видання офіційне. Київ: Держстандарт України, 1999 р.
3. Державний стандарт України. ДСТУ 7014:2009 «Установки біогазові присадибні. Загальні технічні вимоги», видання офіційне. Київ: Держстандарт України, 2006 р.
4. Закон України «Про відходи». Верховна Рада України. 1998. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80>.
5. Закон України «Про електроенергетику». Верховна Рада України. 1998. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/575/97-%D0%B2%D1%80>.

6. Закон України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною». Верховна Рада України. 2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/287-19>.

7. Закон України «Про ринок природного газу». Верховна Рада України. 2016. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19>.

8. Класифікатор відходів ДК 005-96. ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ ПО СТАНДАРТИЗАЦІЇ, МЕТРОЛОГІЇ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ. 1996. URL: <http://plast.vn.ua/DK-005-96.html>.

9. Конституція України. Відомості Верховної Ради України. 1992. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>.

10. Постанова Кабінету Міністрів «Про затвердження переліків вхідних продуктів, які дозволяється зберігати у виробничому підрозділі» від 9 грудня 2015 р. № 1023. Кабінет Міністрів України. 2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1023-2015-%D0%BF>.

11. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг «Про затвердження Кодексу газорозподільних систем» від 30.09.2015 № 2494. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. 2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1379-15>.

12. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг «Про затвердження Кодексу газотранспортної системи» від 30.09.2015 № 2493. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. 2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1378-15>.

13. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг «Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з захоронення побутових відходів» від 04.04.2017 № 467. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. 2017. — URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0467874-17>.

14. Розпорядження Кабінету Міністрів «Про затвердження плану заходів щодо дерегуляції господарської діяльності та визнання такими, що втратили чинність, деяких розпоряджень Кабінету Міністрів України» від 23 серпня 2016 р. № 615-р. Кабінет Міністрів України. 2016. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/615-2016-%D1%80>.

15. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми розвитку виробництва та використання біологічних видів палива» від від 12 лютого 2009 р. N 276-р. Кабінет Міністрів України. 2009. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/276-2009-%D1%80>.

16. Угода між Міністерством енергетики та вугільної промисловості України та Міністерством закордонних справ Королівства Данія про продовження співробітництва у сфері розвитку та діяльності Українсько-данського енергетичного центру. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України (Міненерговугілля України), Королівство Данія. 2018. — URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/208_001-18.

17. Указ Президента України «СТРАТЕГІЯ сталого розвитку “Україна-2020”». 2015. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/5/2015>.

18. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (Text with EEA relevance). European Commission. 2009. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009-L0028>.

19. Brussels, COM(2005) 628. Encouraging the use of biomass as an alternative source of energy. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=legisum:l27014>.

20. Brussels, COM(2010) 2020. Europe 2020. URL: <http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLETE%20EN%20BARROSO%20%20%2007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>.

21. COMMISSION REGULATION (EC) No 185/2007 of 20 February 2007 amending Regulations (EC) No 809/2003 and (EC) No 810/2003 as regards extension of the validity of the transitional measures for composting and biogas plants under Regulation (EC) No 1774/2002 of European Commission. 2007. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:063:0004:0005:EN:PDF>.

22. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION on the review of the Community Strategy ~ for Waste Management. Brussels, 30.07.1996 COM(96) 399 final. 1996. URL: <http://aei.pitt.edu/4116/1/4116.pdf>.

23. CONSOLIDATED VERSION OF THE TREATY ON THE FUNCTIONING OF THE EUROPEAN UNION. Official Journal of the European Union. 2012. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A12012E%2FTXT>.

24. Directive (EU) 2015/2193 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from medium combustion plants (Text with EEA relevance). European Commission. 2015. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32015L2193>.

25. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance) [Электронный ресурс]. — European Commission. 2008. — Режим доступа : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>.

26. Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC Text with EEA relevance. European Commission. 2012. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32012L0018>.

27. EBA Biomethane & Biogas Report 2015. European Biogas Association. 2015. URL: <http://european-biogas.eu/2015/12/16/biogasreport2015/>.

28. Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. European Commission. 1999. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31999L0031>.

29. PAS 110:2014 Specification for whole digestate, separated liquor and separated fibre derived from the anaerobic digestion of source-segregated biodegradable materials. BSI Standards Limited. 2014. URL: https://static1.squarespace.com/static/56d1a94e1bbee09a4bc6c578/t/56d4ba502b8ddea29eb2872f/1456781906892/PAS110_2014_final.pdf.

30. Regulation (EC) No 1013/2006 of the European Parliament and of the Council of 14 June 2006 on shipments of waste. [European Commission. 2006. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32006R1013>.

31. Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002 (Animal) European Commission. 2009. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009R1069>.

32. Regulation (EU) 2016/426 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2016 on appliances burning gaseous fuels and repealing Directive 2009/142/EC (Text with EEA relevance). European Commission. 2016. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0426>.

33. Regulation (EU) No 347/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2013 on guidelines for trans-European energy infrastructure and repealing Decision No 1364/2006/EC and amending Regulations (EC) No 713/2009, (EC) No 714/2009 and (EC) N. European Commission. 2013. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=celex%3A32013R0347>.

BREAD AND BAKERY MARKET IN UKRAINE: TRENDS, PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

L. Strashynska

National University of Food Technologies

Key words:

Bread and bakery products

Bread consumption level

Bakery enterprises

Quality standards

Production optimization

Consumer demand

Mini-bakery

Article history:

Received 07.09.2018

Received in revised form
21.09.2018

Accepted 16.10.2018

Corresponding author:

L. Strashynska

E-mail:

vip1967@ukr.net

ABSTRACT

The article analyzes the dynamics of grain crops production in Ukraine in terms of gross crop yields, crop yields and sown areas during 2012—2016. It is proved that the situation regarding the state of the raw material base significantly influenced the development of the domestic market of bread and bakery products. The main tendencies of the bread and bakery market development and dynamics of their production are investigated. The main factors influencing consumer demand, and reasons for its decrease are analyzed. The consumer preferences and taste preferences of the buyers are determined. It is noted that the market of bread and bakery products has considerable potential and develops in the direction of the main world trends, one of which can be considered the production of frozen bread

The export and import of bread and bakery products in both physical and value terms during 2014—2016 were investigated, prospects of export development were outlined, as well as factors contributing to its development.

The main operators of the bread and bakery market in Ukraine in 2017 are analyzed. It is substantiated that in the struggle for their consumer companies will use the whole powerful arsenal of their own competitive advantages. Differentiated promotion in the maternal regions, support for the recognition and loyalty of brands, the formation and development of recognition in other regions, the formation of a culture of consumption of highly prescription bread varieties are just some aspects of the strategic plans of powerful companies aimed at retaining their buyer and expanding the target market of enterprises. It is determined that the main competitive advantage will remain the guaranteed quality of bread, a wide range of popular varieties of products against the background of introduction of new types of products.

It is proved that in the future the development of competition in the market of bread and bakery products will take place in two directions — both vertically and horizontally.

Given the European experience, the advantages and disadvantages of the functioning of mini-bakeries for the production of mass bread varieties have been identified as an alternative to powerful companies in the present.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-10

РИНОК ХЛІБА І ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ УКРАЇНИ: ТЕНДЕНЦІЇ, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Л.В. Страшинська

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано динаміку виробництва зернових культур в Україні щодо валового збору, урожайності та площі, з якої зібрано врожай, протягом 2012—2016 років. Досліджено основні тенденції розвитку ринку хліба та хлібобулочних виробів, динаміку їх виробництва, фактори впливу на споживчий попит з огляду на існуючу ситуацію в країні та причини споживання населенням України більш дешевого хліба та хліба середньої цінової категорії. Визначено споживчі пріоритети та смакові уподобання покупців, експорт та імпорт хліба і хлібобулочних виробів у натуральному та вартісному виразі в 2014—2016 рр., окреслено перспективи розвитку експорту в майбутньому, а також чинники, що сприятимуть розвитку експорту.

Встановлено основних операторів ринку хліба і хлібобулочних виробів в Україні станом на березень 2017 року. Обґрунтовано, що у боротьбі за свого споживача компанії будуть використовувати весь потужний арсенал власних конкурентних переваг. Диференційоване просування в материнських регіонах, підтримка впізнання і лояльності торговельних марок, формування і розвиток впізнання в інших регіонах, формування культури споживання високорецептурних сортів хліба — це лише деякі аспекти стратегічних планів потужних компаній, що спрямовані на утримання свого покупця та розширення цільового ринку підприємств.

Доведено, що в майбутньому розвиток конкуренції на ринку хліба і хлібобулочних виробів буде відбуватися у двох напрямках – як по вертикалі, так і по горизонталі.

З огляду на європейський досвід визначено переваги та недоліки функціонування міні-пекарень з виробництва масових сортів хліба як альтернативи потужним компаніям в умовах сьогодення.

Ключові слова: хліб і хлібобулочні вироби, рівень споживання хліба, хлібопекарні підприємства, стандарти якості, оптимізація виробництва, споживчий попит, міні-пекарні.

Formulation of the problem. Bread and bakery products — a special kind of food for domestic consumers, which occupies a priority place in their diet. By providing up to 40% of the total caloric content of the food ration of the population, the production of bakery products can be considered as one of the strategic sectors of the economy of the country, which has significant potential. However, the tendencies of recent years, in particular the reduction of purchasing power of the population, military actions in the East of the country, the trends of healthy eating, the impact of world trends make their adjustments to the development of the relevant market.

Analysis of recent research and publications. In contemporary economic literature, the problems of the development of domestic food markets in general, as well as the market of bread and bakery products, in particular, are devoted to the works of such outstanding foreign and domestic scientists as O. Belarus, V. Boyko, P. Borschevsky, V. Vlasova, A. Zainchkovsky, Z. Ilyina, O. Korbut, O. Goychuk, B. Paskhaver, M. Petrovich, P. Sabluk, A. Sen, V. Topihi, I. Usashchova, L. Chernyuk and many others. At the same time, an uncertain number of urgent problems remains due to the fact that, on the one hand, the current situation in the state, on the other hand, is influenced by global trends in development.

The aim of the study. The purpose of the article is an analytical assessment of the current state of the domestic market of bread and bakery products, the study of existing problems with its functioning and outline further directions of perspective development in view of the impact of world trends.

Presentation of the main results of the study. For a long time Ukraine was considered a breadbasket not only of Europe but also of the world. However, the realities of today testify to the reverse trends in the production of both main types of agricultural crops and the production of bread and bakery products.

The dynamics of gross harvesting, yield, and sown area during 2012—2016 is presented in Table 1.

Table 1. Cereal production in Ukraine

	Years					
	2012	2013	2014	2015	2016	2016 in % to 2015
	Gross collection, ths. Tons					
Wheat from it	15762,6	22279,3	24114,0	26532,1	26043,4	98,2
winter	15131,8	21863,4	23498,0	25937,4	25320,7	97,6
spring	630,8	415,9	616,0	594,7	722,7	121,5
Rye from it	676,8	637,7	478,0	391,1	391,6	100,1
winter	675,3	633,0	473,2	386,7	389,2	100,7
spring	1,5	4,7	4,8	4,4	2,4	54,6
	Yield, centners of 1 hectare of assembled area					
Wheat from it	28,0	33,9	40,1	38,8	42,1	108,5
winter	28,0	34,1	40,2	38,9	42,2	108,5
spring	27,5	27,4	38,1	35,1	38,7	110,3
Rye from it	22,7	22,8	25,8	25,9	27,3	105,4
winter	22,7	22,8	25,8	25,9	27,3	105,4
spring	21,4	24,7	30,1	27,8	26,3	94,6
	The area from which the harvest is harvested, thousand hectares					
Wheat from it	5629,7	6566,1	6010,6	6839,5	6189,1	90,5
winter	5400,1	6414,1	5849,0	6670,1	6002,5	90,0
spring	229,6	152,0	161,6	169,4	186,6	110,2
Rye from it	297,8	279,3	185,1	150,8	143,6	95,2
winter	297,1	277,4	183,2	149,2	142,8	95,7
spring	0,7	1,9	1,9	1,6	0,8	50,0

* Agriculture of Ukraine 2016 Statistical collection. — Kyiv : Derzhkomstat of Ukraine, 2017. — P. 104—105.

According to the data in the table 1, the gross wheat harvest in recent years has been steadily increasing, with the exception of 2016, when compared to the previous year, this figure was 98.2%. As for the gross rye harvest, there are reverse trends. And although compared to 2015 in 2016, this indicator was 100.1%, but compared to 2012, the gross amount of rye decreased by 1.7 times in 2016.

The yield of wheat and rye tended to increase, so during 2012—2016 the increase of this indicator amounted to 28.0 to 42.1 centners per hectare of harvested area, while the yield of rye also increased from 22.7 to 27, 3 quintals per 1 hectare of assembled area.

As for the crop area, from which the crop was harvested, then, based on Table. 1, it can be stated that the area under cultivation for wheat during 2012—2016 tended to increase from 5629.7 thousand hectares to 6189.1 thousand hectares, but compared to 2015, in 2016, they decreased by 9, 5%. Sowing area under rye has a reverse trend. During 2012—2016 they decreased from 297.8 thousand hectares to 143.6 thousand hectares, compared with 2015, the reduction was 4.8 per cent. Thus, the reduction of the crop area under rye, and with it, and the reduction of its gross collection, shows that Ukraine has lost the status of the world grain state. Although in this situation it is necessary to take into account the military-political and climatic conditions that significantly influenced production and crops.

This situation with regard to the status of the raw material base has significantly influenced the development of the market for bread and bakery products, the dynamics of which is presented in Fig. 1.

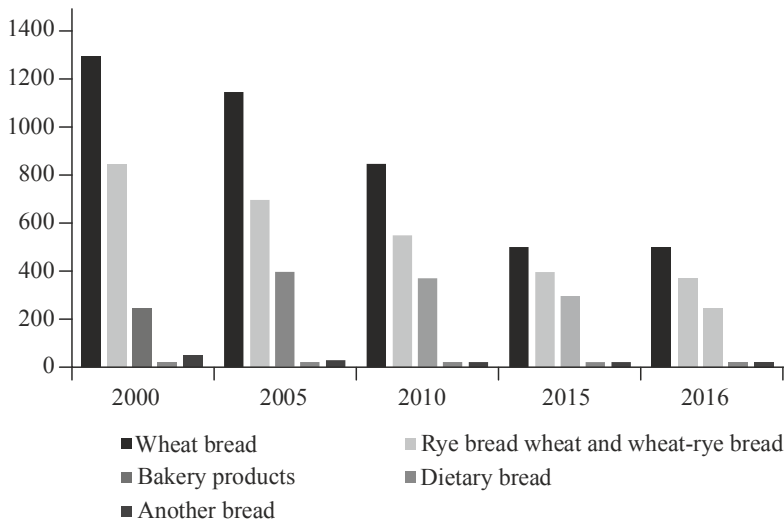


Fig. 1. Dynamics of production of bread and bakery products of short shelf life, t

Fig. 1 certifies the processes of reducing the production of bread and bakery products during 2000—2016 in all product categories, but market experts state that, against the background of a decrease in the production of rye flour, demand for rye bread, whose production has increased and reached 8.1 thousand tons in 2016. At the same time raw materials for such bread, unfortunately, have to be imported: if

in 2014—2015 the purchase amounted to only 9 thousand tons, then in 2015—2016 indicators have already exceeded 21.2 thousand tons, of which for the three months of 2016 (July—September) imports amounted to 12, 4 ths. t.

The economic crisis, as well as the consequences of military actions in the east of the country and a decrease in the supply of products to the Russian market, provoked a decline in the production of bakery products in Ukraine in 2017 by 10% compared with 2016. In addition, the increase of the minimum wage from 01.01.2017 to 3 200 UAH. provoked an increase in taxes that should be paid by enterprises.

By region, most of the bread and bakery products are produced in the Dnipropetrovsk, Kyiv, Kharkiv and Zaporozhye regions.

Analyzing the market of bakery products, experts of the Economic Discussion Club noted that the reasons for the reduction of bread production in Ukraine doubled in comparison with the 2000 figures were the following:

- reduction of sales markets in the Crimean peninsula, Donetsk and Luhansk regions;

- the emergence of a powerful shadow market segment: bakery products and bread are sold in kiosks registered as individual entrepreneurs, or even without registration. Due to this, they can reduce the cost of production, which is usually produced under unsanitary conditions and can not meet any quality standard. However, as it is profitable, the shadow segment of the market is about 60% of the total production of bakery products;

- Many supermarkets in Ukraine specialize in producing their own bakery products, but this production is not fixed.

Based on these trends, statistics on the quantity of bread produced in Ukraine are not completely reliable.

In 2016, the consumption of bread and bakery products by the population of Ukraine amounted to 101 kg per person per year, which corresponds to rational consumption standards.

The main factors affecting demand are price policy, household incomes and unemployment rates, as well as flour production. In recent years, there have been clear trends in the reduction of household incomes and the number of consumers; rise in price of the main raw material (flour, sugar); growth of other expenditures in the structure of expenditures of households (utilities, transport, etc. without parallel income growth); lack of incentives to grow individual producers.

Bakery products are products of prime necessity, therefore this segment is less vulnerable, and in general demand for them remains relatively stable. However, for today, buyers are limited in terms of purchasing opportunities, which is clearly reflected at the consumption level. In particular, the segment of so-called elite types of bread (for example, bread with nuts, dried apricots, etc.) has undergone a significant decline in sales — about 30—40%.

There is a clear tendency to increase consumer demand for mass inexpensive types of bread. However, some companies do not believe that it is necessary to give the consumer the bread of low-quality mass consumption, in order to keep the consumer alone. Some manufacturers are inclined to think that it may be more appropriate to lose a certain part of the consumer audience, but you can not lose the

quality of the product, which, accordingly, correlates with its value. This approach will not only keep the product quality level, trust in the trademark, but also allow business to be profitable.

Recently, Ukrainians have become more interested in non-traditional varieties: woodless, bread, mixed with old recipes; bread with minerals and so on. Such varieties are slightly more expensive than traditional ones, so sales are less, although most experts believe that part of new products will increase.

The part of the bread products is increasing due to the popularity of healthy eating: dietary bread and therapeutic and prophylactic, with the addition of cereal mixtures, bran, fructose, honey, nuts, with additives of vegetables and fruits.

Bread is a universal product that is in demand in all categories of consumers. In recent years, the so-called “social bread” has appeared, but the definition is not correct, since this product is produced according to traditional recipes.

The revival of ancient recipes for the production of bread and bakery products is due to the growing popularity of the national and exclusively Ukrainian. The activation of a healthy lifestyle caused the emergence of new varieties of bread, which are mainly produced in accordance with the TC of enterprises, but are no less in demand.

The habit of young people to eat on the go and a wide assortment of fast food made popular pita bread — both Georgian and Armenian. Still a popular bread product on the tables of compatriots remains a baton.

The bread and bakery market has a significant potential and is developing in the direction of the main world trends. One of such promising directions was the segment of frozen bread, as well as frozen croissants and layers with different kinds of filling. In particular, the company “Khlibodar”, responding promptly to market demand and trends in its development, has created a unique modern production of “Jeff Sey Baker Productions”, the main advantages of which are:

- qualified staff;
- wide assortment of products;
- shock freezing system;
- high-tech equipment;
- use of “clean zone” technology.

The demand for frozen bakery products is more concentrated in large cities of Ukraine, and the main volume of sales of products on the domestic market falls on the B2B segment.

However, as experts point out, no buyer at the present time is insured against buying low-quality bread. The reason for this may be not only overdue goods, but also the composition that most manufacturers do not specify. Unfair commodity producers use low-quality raw materials (contaminated or overdue flour) to make cheaper the cost of the final product, produce bread with simplified technologies, which can significantly accelerate the production process. This adds flavors, stabilizers, flavor enhancers, rinsers, dyes. The only positive product that satisfies the requirements of retail chains — it can long lie on the shelves, without losing its appearance.

Exports of bread and bakery products during 2014—2016 are presented in Fig. 2.

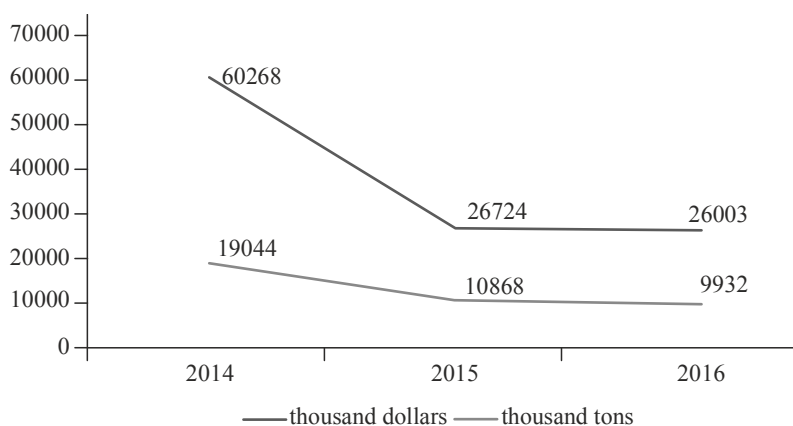


Fig. 2. Export of bread and bakery products in commodity and money terms in 2014—2016

As shown in Fig. 2, the export of bread and bakery products during the mentioned years tended to decrease both in natural terms and in terms of value, but from the end of 2016 other tendencies became apparent: Ukraine gradually develops the European market, and more advanced management systems are being introduced at the plants. In addition, solutions are implemented to increase the efficiency of production through automation and organization of ongoing (continuous) production.

The main buyer of Ukrainian agricultural products and bread is Asia. In particular, in March, China issued a special edition of the Food to China magazine devoted to food products produced in Ukraine. And although the main products exported to Asia — carbonated beverages, beer and confectionery, the bread and bakery products occupy a significant place in this ranking.

Due to the abolition of customs duties, their markets open up the European Union, but they are difficult to gain due to high standards of quality, and high competition requires significant investment, which can not afford all enterprises.

In 2016, Ukraine increased its exports to Moldova of cereal and grain products worth more than \$ 17 million.

In order to expand the export of own products, most enterprises have developed, implemented and certified the HACCP Food Safety Management System. HACCP is an organized approach to the identification, evaluation and control of factors that threaten the safety of food products throughout the life cycle of products. The safety management system based on the principles of HACCP is now obligatory in all countries of the European Union. Therefore, in most enterprises at least once a year, an internal audit of the HACCP system is carried out with the aim of checking the existing HACCP system and eliminating the revealed inconsistencies in its functioning. However, enterprises that ship a substantial part of their products to export and are interested in expanding their own products exports, certify their products in accordance with other standards. In particular, the products of the company “Khlבודar” are supplied to the markets of 18 foreign countries, monthly shipments of 120 tons of bakery products. Therefore, individual assortment of

items in accordance with the requirements of consumers were certified in accordance with the standard “Halal”, and in the company’s plans — further certification of products to meet the standards of “Kashrut”.

Imports of bread and bakery products during 2014-2016 are presented in Fig. 3.

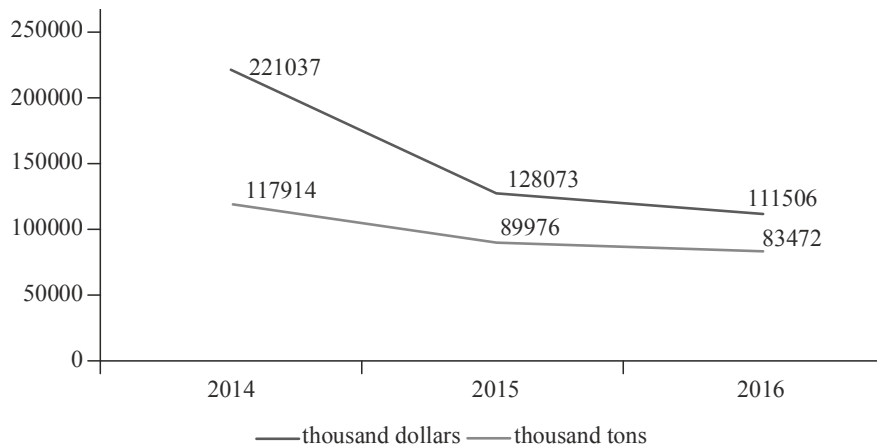


Fig. 3. Imports of bread and bakery products in commodity and money terms in 2014—2016

As shown in Fig. 3, the import of bread and bakery products during the years also tended to decrease both in natural terms and in terms of value, which is a very positive factor in view of the achievement of rational consumption standards by the average Ukrainian.

Consequently, due to lower purchasing power of the population, devaluation of the hryvnia, loss of the Russian market, the production, export and import of bread and bakery products decreased significantly during 2016 compared to previous years. Significant influence also had other factors — reduced investment attractiveness, increased competition, lack of revolutionary solutions and technologies. Significantly reduced the cost of manual labor. It is clear that manufacturers in such conditions are forced to prefer manual labor and secondary equipment, neglecting the risks of their use.

For today the market of bakery products is represented by assortment of various bakeries. Note that the increase in prices for communal services and raw materials affected the value of bread and bakery products and led to a decrease in the number of bakery enterprises — or to their transition to an illegal status.

During all years of Ukraine’s independence, bread remained the most regulated state product. To date, the Resolution No. 1548 of 1996, which allows local authorities to fix prices for goods of a social group, has not expired. The price of bread presented on the shelves of stores consists mainly of flour (about half of the cost), gas and electricity (from 4 to 15% depending on the enterprise) and wages of employees (up to 7%).

The main operators of the bread and bakery market in Ukraine as of March 2017 are presented in Table 2.

Table 2. The main operators of the bread and bakery products market

№	Producer	Market share, %
1.	Lauffer Group (“Odesa Korovai”, Bread Factory “Saltovsky”, “Donbasskhib”, “Khibinvest”)	6,45
2.	Kyivkhib PJSC	6,42
3.	TM “Kulinichi” (Kiev-Kharkiv)	4,73
4.	PJSC Concern Khibprom	3,33
5.	TM “Khibodar”	3,11
6.	Samtak Ltd.	1,75
7.	“Joint Venture LLC” “Bread Factory № 10” (Dnipropetrovsk)	1,47
8.	Shadow market	38,78

In the future, in the struggle for their consumer company will use the whole powerful arsenal of their own competitive advantages. Differentiated promotion in the mother regions, support for the recognition and loyalty of the brand, the formation and development of recognition in other regions, the formation of a culture of consumption of high-prescription bread varieties are just some aspects of the strategic plans of powerful companies aimed at retaining their buyer and expanding the target market of enterprises.

The main competitive advantage will remain the guaranteed quality of bread, a wide range of popular varieties of products against the background of the introduction of new types of products. In order to preserve freshness, aroma and crunch, there will be an increase in the number of products packed in modern paper eco-packaging, as well as polypropylene packaging — Flow-pack and packages with clips (europackets) with printing. Consequently, the possibility of increasing the share of packed profit for most companies in the future will be considered as one of the marketing strategies, focused on a specific category of trade and the corresponding segment of consumers.

One of the effective means of reducing production costs is energy conservation. This is the improvement of the existing equipment, and the installation of new - more economical, and this applies not only to the main equipment, but also to the subsidiary. Particular attention will be paid to the mechanization of production, the use of current-mechanized lines, not only for the production of bread, but also for other bakery products. However, the most effective will remain the increase in capacity loading, as the increase in volumes leads to a reduction in the cost of each unit of production, plus a properly organized logistics system.

Given the realities of today, one can safely predict that in the future the development of competition in the market of bread and bakery products will take place in two directions — both vertically and horizontally.

On the one hand, increasing competition horizontally will anticipate competition between powerful producers, which, by competing among themselves, will increase the quality of products produced, develop new technologies, modernize production, innovate, develop new types of products, following the development of world trends, introducing into production new marketing and management systems. On the other hand, over the last years, the shadow market, which is a small mini-bakery that attracts consumers, is developing at an accelerated pace not by the variety of product range and quality, but by the low cost of its own products.

In particular, European practice shows that in virtually every locality there is such an infrastructure, an integral attribute of which is a mini-bakery. Currently, in Ukraine, the practice of opening mini-bakeries as closed (outside the village with delivery at points of sale) and open (directly in the store, supermarket, mall) format has become widespread. Most market operators confirm further tendencies of the growth of the number of bakeries of a small format, namely the productivity up to 0.3 tons of dough per shift. Such mini-bakery places both in small villages, thus preventing local demand in bakery products, as well as in stores, supermarkets, shopping malls in district centers or small towns, thus replacing a third-party supplier (which usually has a large bakery or bakery) with its small production in place.

Given the current situation in the country, the economy of the mini-bakery is most in demand: with equipment, firstly domestic production, and secondly, it is used and refurbished equipment of European production, and thirdly, it is an affordable new equipment of the European production.

It should be borne in mind that the domestic production of bakery equipment in Ukraine on the quality of implementation, unfortunately, is at an early stage. When choosing domestic equipment for their future mini-bakery, one must clearly understand that the stability of such equipment will be at an intermediate level — that is, maintenance will be needed more often than in the case of the European one. However, there are also advantages that are seen as very significant for a domestic average entrepreneur. First of all, it's a price that is cheaper on the domestic equipment than the European one. Secondly, this is the ease of use of technology, and even with certain failures, repairing domestic equipment is much easier than in the case of European ones. Third, it is a start-up capital, because for a domestic average entrepreneur it is one of the most important moments, which plays a key role in the rapid launch of the production of bakery products, in contrast to a mini-bakery with quality European equipment, but in a few years.

Conclusions

The development of the bakery market, as well as in any other direction, depends on the country's economic development and inflow of investments. The economic downturn in 2008 and the war in eastern Ukraine significantly reduced the desire of entrepreneurs to master both the bakery and any other segments to stabilize the situation. However, in order to increase profits and promote their own products in the market, bakery enterprises will have to increase the number of types and varieties of cereals, as well as modernize their production, increasing the shelf life of products and improving packaging design.

According to the results of the conducted analysis, there is a noticeable shift in demand for cheap bread, therefore the production of social and mass varieties is increasing, and their share of production has increased. Bread varieties with low acidity (among rye and wheat varieties) are in demand. Among bakery products, buyers prefer high-calorie products, in the formulation of which there is an increased content of sugar and margarine.

As a whole, it is obviously that the bakery market needs to be developed by optimizing production in line with demand. This will allow the establishment of economically justified prices for products and, accordingly, will stimulate

agricultural producers to increase the yield of grain crops in order to obtain a stable profit, even at the expense of reducing sown areas.

Expanding the range and increasing the export share in the sales structure will take place due to the launch of new products on the market, and cooperation with the sales networks will be based on the high professionalism of the employees, which will allow the most effective interaction at each stage of cooperation. Client-orientation will enable to respond promptly and take into account consumer tastes and traditions. And dynamic development with high-tech and flexible production will allow to adapt quickly to market trends.

Literature

1. Guk P. Demand shifted toward cheap bread. *Products & ingredients*. 2015. No. 6(127). P. 20—21. URL: <http://www.meatbusiness.ua>.
2. Omelchenko D. The client — the highest value. *World of products*. 2017. No. 4(133). P. 18—17. URL: <http://www.proinfo.com.ua>.
3. Rakova A. Noble mission — to provide people with high quality bread. *World of products*. 2017. No. 4(133). P. 24—25. URL: <http://www.proinfo.com.ua>.
4. Agriculture of Ukraine 2016 Statistical collection. Kyiv: Derzhkomstat of Ukraine, 2017. P. 104—105.
5. Branding agency KOLORO. Black to White / *World of Products*. 2017. No. 4(133). P. 4—6. URL: <http://www.proinfo.com.ua/>.

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF UKRAINE'S ECONOMY: HEALTH CAPITAL

G. Kyndieieva

National University of Food Technologies

Key words:

Innovative activity
Innovative development
Life expectancy
Health capital

Article history:

Received 12.09.2018
Received in revised form
26.09.2018
Accepted 19.10.2018

Corresponding author:

G. Kyndieieva

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article analyzes the situation and outlines the problems of innovative development of the national economy and, in particular, the food industry. The dynamics of expenditures for innovation activity in Ukraine and the dynamics of distribution of expenditures on innovation activities by food industry enterprises have been researched. The state of the innovation activity of the food industry and the level of use of different types of innovations by enterprises have been determined as well as specific weight of implemented innovative products and specific weight of enterprises engaged in innovation activities.

The structure of sources of financing of innovative activity of domestic enterprises of the food industry has been analyzed. Conclusions about the possibility of increasing their concentration in the innovation process have been made. The complex of problems suppressing the innovative activity of enterprises such as a lack of financial resources and a low innovative potential of industrial enterprises have been singled out.

The capital of health as the basis for the formation and functioning of human capital in the conditions of a new model of development and new factors of the economic growth of the post-industrial economy have been considered. The dependence of the life expectancy of on innovative development (costs of innovation activity) of the country and, in particular, the food industry has been investigated. The existence of a direct relationship between life expectancy (both sexes) and expenditures on innovative activity of the country has been established. Moreover, there is a certain time lag between the total costs of innovation activity and life expectancy (both sexes), this lag is not less than two years.

Practical recommendations on the directions of innovative activity of domestic food industry enterprises in the context of increasing the life expectancy and increasing capital of health have been offered.

ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ: КАПІТАЛ ЗДОРОВ'Я

Г.О. Кундєєва

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано стан та окреслено проблеми інноваційного розвитку національної економіки, зокрема харчової промисловості. Досліджено динаміку витрат на інноваційну діяльність в Україні та динаміку розподілу обсягу витрат за напрямками інноваційної діяльності підприємствами харчової промисловості. Визначено стан інноваційної діяльності харчової промисловості та рівень використання підприємствами різних типів інновацій, питому вагу реалізованої інноваційної продукції, а також питому вагу підприємств, що займалися інноваційною діяльністю.

Проаналізовано структуру джерел фінансування інноваційної діяльності вітчизняних підприємств харчової промисловості. Зроблено окремі висновки щодо можливості збільшення їх концентрації в інноваційному процесі. Виокремлено комплекс проблем, які пригнічують інноваційну активність підприємств (дефіцит фінансових ресурсів і низький інноваційний потенціал промислових підприємств).

Розглянуто капітал здоров'я як основу формування і функціонування людського капіталу в умовах нової моделі розвитку і нових чинників економічного зростання постіндустріальної економіки. Досліджено залежність тривалості життя людини від інноваційного розвитку (витрат на інноваційну діяльність) країни й, зокрема, харчової промисловості. Встановлено існування прямої залежності між тривалістю життя (обидві статі) і витратами на інноваційну діяльність країни. Причому простежується існування певного часового лагу між загальними витратами на інноваційну діяльність і тривалістю життя (обидві статі). Цей лаг становить не менше ніж два роки. Запропоновано практичні рекомендації щодо напрямів інноваційної діяльності вітчизняних підприємств харчової промисловості в контексті збільшення тривалості життя людини та зростання капіталу здоров'я.

Ключові слова: інноваційна діяльність, інноваційний розвиток, тривалість життя людини, капітал здоров'я.

Постановка проблеми. Європейський вибір України на шляху інтеграції у високотехнологічне конкурентне середовище потребує ставлення до інноваційного розвитку як до першочергового пріоритету державної політики, оскільки саме цей розвиток визначає довгострокові перспективи економічного зростання й добробуту людства. Протягом останніх років найвища інноваційна активність спостерігалась на вітчизняних підприємствах інформації та телекомунікації, переробної промисловості, фінансової та страхової діяльності та діяльності у сфері архітектури та інжинірингу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні засади інноваційного розвитку досліджували М. Кондратьєв, Г. Менш, С. Глазьев, Ю. Яковець,

В. Геєць, М. Денисенко. Провідними вітчизняними дослідниками у вирішенні питань розбудови інноваційної економіки є: О. Амоша, В. Геєць, М. Долішній, С. Онишко, Т. Паєнтко, А. Кузнецова, Л. Федулова, О. Кваша, Д. Крисанов та ін. У працях цих науковців також аналізувалися окремі аспекти інноваційного розвитку країн ЄС, можливості використання зарубіжного досвіду для досягнення стратегічної мети розвитку українського суспільства та стрімке розширення сектору нової економіки (інформаційної економіки, економіки знань), що створює базис постіндустріальної епохи. Крім того, досліджена інтенсифікація інноваційних процесів як ознака нової економіки та перетворення їх у чинник економічного зростання. Проте нова економіка повинна враховувати не тільки нові засади виробництва, а й споживання, що спонукало б людину до відповідального ставлення до власної особистості, габітусу здоров'я та збільшення капіталу здоров'я. І саме це питання потребує окремого дослідження.

Мета статті: дослідити вплив інноваційного розвитку економіки, зокрема харчової промисловості, на розвиток капіталу здоров'я.

Викладення основних результатів дослідження. В сучасних умовах переходу від ринку виробника до ринку споживача підприємства харчової промисловості України повинні орієнтуватися на задоволення харчових смаків і потреб, які стали індикатором випуску тієї чи іншої продукції. Аналіз статистичної звітності підприємств харчової промисловості за досліджуваний період (табл. 1) вказує на циклічність інвестування в інноваційну діяльність.

Таблиця 1. Динаміка витрат на інноваційну діяльність в Україні (у фактичних цінах) у 2010—2016 рр., розраховано на основі [1]

Показник	Роки							Темп росту до попереднього року					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Загальний обсяг фінансування наукових та науково-технічних робіт, млн грн	8995,9	9591,3	10558,5	11161,1	10320,3	12223,2	11530,7	106,6	110,1	105,7	92,5	118,4	94,3
Загальні обсяги витрат промисловості на інноваційну діяльність, млн грн	8045,5	14333,9	11480,6	9562,6	7695,8	13813,7	23229,5	178,2	80,1	83,3	80,5	179,5	168,2
Загальні обсяги витрат підприємств харчової промисловості на інноваційну діяльність, млн грн	608,9	933,1	1566,3	1700,7	2173,6	1540,3	2186,5	153,2	167,9	108,6	127,8	70,9	142,0
% витрат підприємств харчової промисловості на інноваційну діяльність у заг. витратах на інноваційну діяльність	6,77	9,73	14,83	15,24	21,06	12,60	18,96	2,96 п.п.	5,11 п.п.	0,40 п.п.	5,82 п.п.	-8,46 п.п.	6,36 п.п.

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
% витрат підприємств харчової промисловості на інноваційну діяльність у загальних витратах промисловості на інноваційну діяльність	7,57	6,51	13,64	17,78	28,24	11,15	9,41	-1,06 п.п.	7,13 п.п.	4,14 п.п.	10,5 п.п.	-17,1 п.п.	-1,7 п.п.

У 2016 р. спостерігалось зростання витрат на інноваційну діяльність як у промисловості загалом — майже на 80%, так і в харчовій промисловості — на 42%. Найбільший обсяг витрат підприємств харчової промисловості за видами інноваційної діяльності складають витрати на впровадження нового обладнання (табл. 2), їх питома вага була максимальною у 2016 р. (на рівні 90%). Вагомість зазначеного напряму інноваційної діяльності підприємств харчової промисловості пояснюється зношеністю основного капіталу, у тому числі устаткування — близько 60%, третина з якого вимагає швидкої заміни [2].

Таблиця 2. Динаміка розподілу обсягу витрат за напрямками інноваційної діяльності підприємствами харчової промисловості України у 2010—2016 рр. (млн грн), розраховано автором на основі [1]

Показники	Роки						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Загальні обсяги витрат підприємств на інноваційну діяльність	608,9	933,06	1566,3	1700,7	2173,6	1540,3	2186,5
у тому числі							
внутрішні НДР	3,4	22,99	22,31	82,4	157,4	82,6	10,97
% у зальних витратах	0,56	2,46	1,42	4,85	7,24	5,4	0,51
зовнішні НДР	4,9	4,11	4,93	16,2	3,5	3,5	1,2
% у загальних витратах	0,8	0,44	0,31	0,95	0,16	0,2	0,05
придбання машин, обладнання та програмного забезпечення	509,1	784,08	1235,3	1498,3	1872,9	1328,4	1977,8
% у загальних витратах	83,61	84,03	78,87	88,1	86,7	86,2	0,90
інші зовнішні знання	15,2	1,6	1,1	2,1	0,7	1,2	1,8
% у загальних витратах	2,5	0,17	0,07	0,12	0,03	0,1	0,08
інші витрати	7,6	120,2	302,6	101,6	138,9	124,3	194,7
% у загальних витратах	1,25	12,88	19,32	5,97	6,39	8,1	0,09

Напрями використання коштів зумовили як спрямування впровадження інновацій на підприємствах харчової промисловості України, так і зрушення в їх структурі: збільшилась кількість і питома вага підприємств, що здійснювали механізацію та автоматизацію виробництва, впроваджували нові технологічні процеси, освоювали виробництво нових видів продукції і здійснювали впровадження ресурсозберігаючих і маловідходних технологій (табл. 3).

Таблиця 3. Динаміка впровадження маловідходних, ресурсозберігаючих процесів підприємствами харчової промисловості при здійсненні інноваційної діяльності у 2010—2016 рр., розраховано автором на основі [1]

Показники	Роки							Темп росту кількості освоєних видів, %					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Кількість підприємств, що здійснювали інноваційну діяльність	296	313	348	398	334	274	178	105,7	111,2	114,4	83,9	82,0	65,0
Кількість освоєних видів інноваційної продукції	487	711	667	751	723	445	885	146,0	93,8	112,6	96,3	61,5	198,9
Кількість впроваджених нових технологічних процесів	473	676	268	219	231	116	275	142,9	39,6	81,7	105,5	50,2	237,1
З них маловідходні, ресурсозберігаючі	32	45	74	50	44	41	96	140,6	164,4	67,6	88,0	93,2	234,1
Частка маловідходних, ресурсозберігаючих процесів у кількості впроваджених нових технологічних процесів	6,77	6,66	27,61	22,83	19,0	35,3	34,9	-0,11	20,95	-4,78	-3,8	16,3	-0,4

Використання застарілої енергоємної техніки у виробництві харчових продуктів призводить до того, що вітчизняні підприємства споживають майже вдвічі більше енергоресурсів, ніж аналогічні виробництва у країнах з розвинутою економікою. Результатом цього є падіння конкурентоспроможності вітчизняних виробників на ринку продовольства як за ціною, так і якістю. Впровадження маловідходних, ресурсозберігаючих процесів стає умовою збільшення обсягів готової продукції та зниження її собівартості, що насамперед сприяє доступності продовольства для середньозабитого українця.

Протягом 2010—2012 рр. помітно зросла (з 296 до 348) кількість підприємств харчової промисловості, що реалізували інновації та впроваджували їх у практику, але у 2013—2016 рр. відбулося скорочення до 170 підприємств, що становило майже 18,9% від загальної кількості обстежених підприємств харчової промисловості (загалом по промисловості цей показник склав 17,3%). Аналогічні показники інноваційної активності харчової промисловості європейських країн значно вищі. Так, мінімальний показник на рівні 26% має Португалія, 29% — Греція, найвищий показник мають Данія (71%) та Ірландія (74%). Напевне, орієнтуючись на середнє значення вищезазначених показників, значення частки інноваційних підприємств на рівні 40—45% визначає О.В. Гук як умову інноваційного розвитку харчової промисловості країни [3].

Здійснений аналіз за видами інноваційної діяльності підприємств харчової промисловості (табл. 4) свідчить про те, що майже 52% підприємств освоювали виробництво інноваційних видів продукції, а впроваджували інноваційні процеси 59% підприємств харчової промисловості (від загальної кількості підприємств, що здійснюють інноваційну діяльність).

Таблиця 4. Динаміка кількості підприємств харчової промисловості України, що впроваджували інновації у 2010—2016 рр., розраховано на основі [1]

Показники	Роки						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Всього	296	313	348	321	334	178	170
% до загальної кількості обстежених підприємств	12,05	13,13	15,52	14,86	16,8	18,1	18,9
впроваджували інноваційні процеси	129	146	164	139	113	105	110
% до кількості підприємств, що впроваджували інновації	43,58	46,65	47,13	43,3	33,8	59,0	64,0
% до загальної кількості обстежених підприємств	5,25	13,13	7,31	6,19	5,7	10,7	12,2
освоювали виробництво інноваційних видів продукції	135	182	175	173	134	93	115
% до кількості підприємств, що впроваджували інновації	45,61	58,15	50,29	53,89	40,1	52,2	67,6
% до загальної кількості обстежених підприємств	5,49	7,64	7,8	7,71	6,7	9,5	12,7
Кількість підприємств, що реалізували інноваційну продукцію нову для ринку	42	44	33	38	35	23	36
% підприємств, які реалізували інноваційну продукцію нову для ринку	17,5	16,4	9,48	10,28	10,5	12,9	25,0
Кількість підприємств, що реалізували інноваційну продукцію нову для підприємства	220	242	261	260	209	135	156
% підприємств, які реалізували інноваційну продукцію нову для підприємства	92	90,3	75	81,3	62,6	75,8	87,5

У 2016 р. спостерігалось зменшення кількості підприємств, що реалізували інноваційну продукцію нову для ринку. Цю тенденцію можна пояснити «консервативністю» попиту пересічного українця на нові харчові продукти та відсутністю соціальної реклами оздоровчих, функціональних і геродієтичних продуктів. Зменшилась кількість підприємств, що реалізували інноваційну продукцію нову для підприємства, що можна пояснити існуючим широким асортиментом харчових продуктів на ринку продовольства. В той час О.К. Гудаков зазначає, що збільшення виробництва інноваційної продукції харчової промисловості не призводить до насичення внутрішнього ринку, потенціал розширення якого вчений оцінює на рівні 80 млрд грн [4].

Інноваційна діяльність здійснюється незначною кількістю підприємств, які мають змогу інвестувати власні та кредитні кошти (табл. 5). Частка підприємств, що здійснюють інноваційну діяльність власними коштами, коливається в межах

81—96%. Друге за вагомістю джерело інноваційної діяльності — кредитні кошти, у 2010 р. їх частка становила 12,47%, а в наступні три роки ця частка не перевищувала 10%. У 2014 р. цей показник був на рівні 18,5%, але у 2015 р. кредити значно зменшилися і їх часта становила 4% від загального обсягу витрат, проте у 2016 р. відбулося значне зростання — майже у 6 разів.

Таблиця 5. Динаміка розподілу загального обсягу фінансування інноваційної діяльності підприємств харчової промисловості за джерелами у 2010—2016 рр., розраховано на основі [1]

Показники	Роки						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Загальні обсяги витрат підприємств на інноваційну діяльність, млн грн	608,9	933,06	1566,3	1700,7	2173,6	1540,3	2186,5
Розподіл загального обсягу фінансування інноваційної діяльності за джерелами							
власні кошти	532,7	867,1	1411,7	1477,3	1768,5	1476,6	1771,4
% від загального обсягу	87,50	92,90	90,13	86,86	81,36	95,86	81,02
з державного бюджету	—	—	0,05	0,05	0,04	0,01	0,00
% від загального обсягу	—	—	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
іноземних інвесторів	—	9,40	—	137,60	0,30	1,60	6,50
% від загального обсягу	—	1,01	—	8,09	0,00	0,10	0,30
кредити	75,90	56,10	154,20	85,80	403,20	61,80	374,50
% від загального обсягу	12,47	6,01	9,85	5,04	18,50	4,01	17,13
інші джерела	0,23	0,48	0,37	—	—	—	25,00
% від загального обсягу	0,04	0,05	0,03	—	—	—	1,14

Упродовж зазначеного періоду відбулося, скоріш випадкове, а не системне, фінансування інноваційної діяльності підприємств харчової промисловості з державного бюджету (часта не перевищує одну десяту відсотка).

Зазначена тенденція діяльності підприємств харчової промисловості відповідає інноваційному розвитку економіки країни. У 2016 р. витрати на інновації в основному здійснювались за рахунок власних коштів (89,5% загального обсягу фінансування), коштів іноземних інвесторів (3,1%) та інших джерел (2,9%). Проте у розвинутих країнах основним джерелом фінансування інноваційної діяльності є бюджетні кошти — держава фінансує до 50% науково-технологічних витрат і 50—70% витрат на фундаментальні дослідження.

Фінансування інноваційної діяльності вітчизняних підприємств харчової промисловості з місцевих бюджетів і позабюджетних фондів не відбувалося загалом. Пояснити це можна недостатньою сформованістю інститутів місцевого самоврядування та їх обмеженим бюджетом. Саме відсутність розуміння цінності здоров'я людини не тільки як соціального блага, а як економічного ресурсу та відсутність на державному рівні пропаганди здорового харчування не спонукають вітчизняних інвесторів до фінансування інноваційної діяльності харчової промисловості. Проте іноземні інвестори певний час збільшували інвестиції (у 2011 р. спрямували 9,4 млн грн, у 2013 р. — 137,6 млн грн). У 2014 р. відбулося значне скорочення іноземного інвестування, що можна пояснити загостренням політичної кризи в країні, але у 2015—2016 рр. почалось певне поживлення.

Результати аналізу обсягів реалізації інноваційної продукції підприємств харчової промисловості свідчать про те, що питома вага реалізованої інноваційної продукції харчової промисловості у загальному обсязі реалізованої інноваційної промислової продукції зростає з 14% у 2010 р. до 24,5% у 2014 році. У 2015 р. цей показник для харчової промисловості був на рівні 21,2%. Проте, зростання обсягів виробництва традиційних харчових продуктів відбувається більш високими темпами, ніж інноваційних, а тому харчову промисловість не можна вважати інноваційно активною.

Значна увага на підприємствах харчової промисловості приділяється опануванню нових технологій. Це пояснює той факт, що частка підприємств із технологічними інноваціями була вища за середню по країні серед підприємств переробної промисловості (15,6%). Пріоритет серед придбаних технологій мають технології з подовження терміну зберігання готової продукції. Лідери ринку пропонують масову продукцію з подовженим терміном зберігання понад 30 діб [5].

Наступним завданням дослідження є встановлення залежності капіталу здоров'я (тривалості життя людини) і інноваційної активності вітчизняної економіки, особливо харчової промисловості. Капітал здоров'я є основою для людського капіталу загалом [6], але, як стверджував М. Гроссман, навички, які дають змогу заробляти, і можливість протягом більшої кількості часу застосовувати ці навички — не одне і те ж: запас знання, яким володіє людина, впливає на його ринкову і неринкову продуктивність, у той час як запас його здоров'я визначає сумарну кількість часу, який людина зможе витратити, заробляючи гроші і виробляючи товари [7]. Вкладення коштів в якісне харчування обумовлює можливість накопичення і розширеного відтворення здоров'я.

Успішне вирішення проблеми безпечного харчування має ґрунтуватися на використанні продуктів підвищеної харчової цінності, а для цього повинна бути готовність підприємств харчової промисловості до створення інноваційних харчових продуктів [8]. Інвестиції в здоров'я (безпека харчування) збільшують запаси здоров'я у всіх наступних періодах. Тож збільшується тривалість життя і тривалість часу зайнятості, що сприяє зростанню особистого доходу і ВВП країни [9]. За допомогою пакету Excel виконаний кореляційно-регресійний аналіз (рис. 1а), що вказує на існування прямої залежності між тривалістю життя (обидві статі) і витратами на інноваційну діяльність харчової країни (коефіцієнт кореляції — 0,651513).

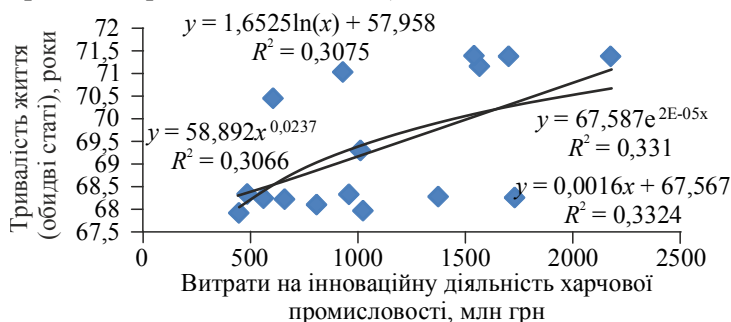


Рис. 1а. Моделювання залежності тривалості життя (обидві статі) від витрат на інноваційну діяльність (економіка України), побудовано на основі [1]

Причому простежується існування певного часового лагу між загальними витратами на інноваційну діяльність і тривалістю життя (обидві статі). Цей лаг становить не менше ніж два роки (рис. 1б).

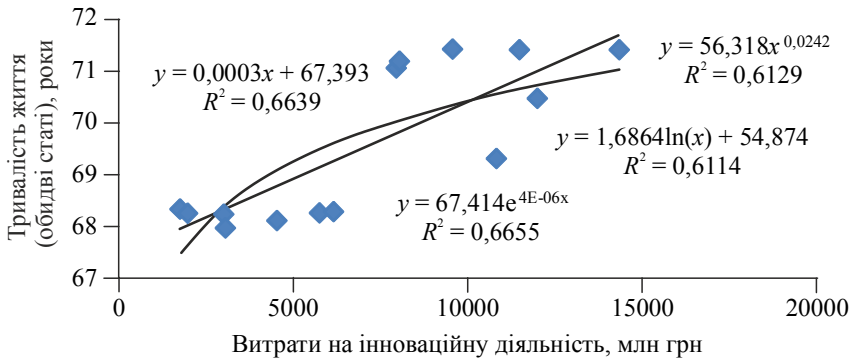


Рис. 1б. Моделювання залежності тривалості життя (обидві статі) від витрат на інноваційну діяльність (економіка України) з часовим лагом у два роки, побудовано на основі [1]

У той час як між витратами на інноваційну діяльність харчової промисловості та тривалістю життя людини сила зв'язку слабша (коефіцієнт кореляції — 0,576501) і часового лагу не спостерігається (рис. 2), що є цілком зрозумілим. Впровадження продуктивних інновацій з метою розширення асортименту та забезпечення безпеки харчування не вимагає значного часу.

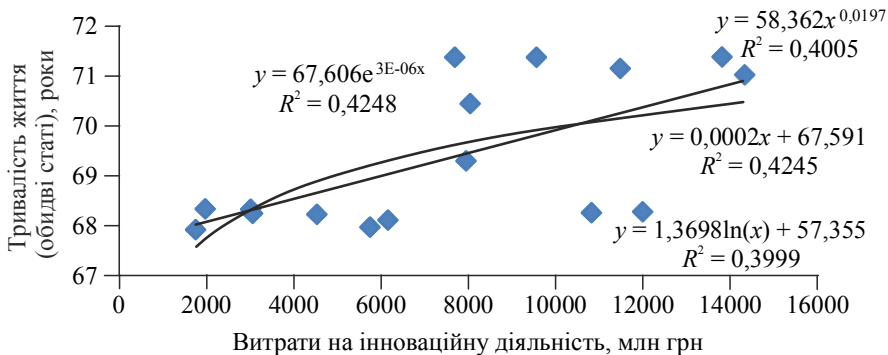


Рис. 2. Моделювання залежності тривалості життя (обидві статі) від витрат на інноваційну діяльність харчової промисловості України, побудовано на основі [1]

З огляду на незначну інноваційну активність вітчизняних підприємств харчової промисловості отримані результати (коефіцієнт кореляції понад 50%) є достатньо вагомим.

Висновки

Для розвитку інноваційної діяльності у харчовій промисловості під кутом зростання тривалості людини (збільшення капіталу здоров'я) потрібно сформулювати національні науково-технологічні програми безпекового харчування;

будувати інноваційну політику у взаємозв'язку з соціальною політикою держави. Це забезпечить максимальне використання нагромадженого економічного потенціалу суспільства, його технологічного та інтелектуального капіталу та збільшить капітал здоров'я. Пріоритетними науковими і практичними напрямками інноваційної діяльності в харчовій промисловості повинні стати виробництво харчових продуктів оздоровчого та профілактичного призначення.

Література

1. Державна служба статистики України Офіційний сайт URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Крисанов Д.Ф., Удова Л.О., Варченко О.М. Потенціал харчових галузей АПК України: структурні трансформації та результативність використання. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. № 1. С. 121—135.
3. Гук О.В., Рощина Н.Ю. Особливості оцінки інноваційного потенціалу підприємства. *Економічний простір*. 2013. № 75. С. 181—190.
4. Гудаков О.К. Аналіз інноваційно-технологічного стану економіки України в умовах глобалізації. *Науковий вісник Ужгородського університету Серія Економіка*. 2014. Вип. 1(42). С. 299—305.
5. Сімахіна Г., Науменко Н. Інновації у харчових технологіях. *Товари і ринки*. 2015. № 1. С.189—201.
6. Кундєєва Г. О., Римаренко М. К. Здоров'я в контексті розвитку економічної теорії. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Сер. Економічні науки*. 2014. Вип. 3(69). С. 139—142.
7. Grossman M. The Human Capital Model Handbook of Health Economics. Vol.ed. by A. J. Culver, J. P. Newhouse. 2000. P. 348—405.
8. Крисанов Д.Ф., Водянка Л.Д. Стратегії нарощування інноваційного потенціалу підприємствами харчової промисловості. *Економіка і прогнозування*. 2015. № 1. С. 89—104.
9. Кундєєва Г.О. Продовольча безпека : інноваційний розвиток і зміни у споживанні харчових продуктів. *Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Сер. Економічні науки*. 2016. Вип. 42, ч. II. С. 29—36.

APPLICATION OF THE NAIVE BAYES CLASSIFIER FOR CALCULATION AND PREDICTION OF OZONATION PROCESSES

V. Zakharov, O. Ustinov, Yu. Zmievskii, V. Myronchuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Ozone
Organic pollution
Naive Bayes classifier
Ozone-gas composition
Expert system*

Article history:

Received 13.09.2018
Received in revised form
26.09.2018
Accepted 12.10.2018

Corresponding author:

V. Zakharov
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper presents an expert system developed (software) by the authors for calculating and prediction the ozonation process. The basis of the calculation algorithm was Naive Bayes classifier using the technologies of «machine learning». The program is written by using Python.

The aim of the work was to develop and define the necessary parameters, classes and basic principles for the formation of the training samples. Five classes were proposed that correspond to a certain percentage of dissolved ozone in the liquid phase, since this index is one of the main parameters in determining the effectiveness of ozonation. The forming of a training samples means creation of a set of events in which the set of values of the selected parameters correspond to a certain class. At this stage, the temperature of the treated liquid and the concentration of ozone in the ozone-gas composition were chosen for the parameters. The more events are presented in the training samples, the more precisely classification is.

The result of this work was the basic version of the expert system that allows to predict the process of dissolving ozone in a liquid for given values of temperature and concentration of ozone in the ozone-gas composition. The overall accuracy of the classification of the expert system was approximately 60%. Within the temperature range 0...15°C, the classification accuracy can be assumed to be 90%, with higher temperature values, it gradually decreases. Entering several new parameters can improve classification accuracy. The function of machine learning on the principle of «Supervised Learning» is also implemented in the program. It is implemented by an additional module, which, after the determination of dissolved ozone by user, requests to confirm the correctness of the results. If the user confirms the correctness of the classification, then the given event is entered into the training sample.

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ НАЇВНОГО БАЄСОВОГО КЛАСИФІКАТОРА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОЗОНУВАННЯ

В.В. Захаров, О.А. Устінов, Ю.Г. Змієвський, В.Г. Мирончук
Національний університет харчових технологій

У статті представлено розроблену авторами експертну систему (програмне забезпечення) для розрахунку та прогнозування процесу озонування. За основу алгоритму розрахунку було взято наївний Баєсів класифікатор із застосуванням технологій «машинного навчання». Програму написано у середовищі для програмування Python.

Розроблено і визначено необхідні параметри, класи та основоположні принципи формування навчальної вибірки. Запропоновано п'ять класів, які відповідають певному відсотку розчиненого озону в рідкій фазі, оскільки цей показник один із головних параметрів при визначенні ефективності озонування. Принцип формування навчальної вибірки полягає у створенні набору подій, у яких сукупність значень обраних параметрів відповідає певному класу. На цьому етапі за параметри було обрано температуру оброблюваної рідини і концентрацію озону в озono-газовій суміші. Чим більше подій відбувається у навчальні вибірці, тим точніше проходить класифікація.

Результатом дослідження стала базова версія експертної системи, яка дає змогу спрогнозувати процес розчинення озону в рідині при заданих значеннях температури та концентрації озону в озono-газовій суміші. Загальна точність класифікації експертної системи склала приблизно 60%. У межах значень температури 0...15°C точність класифікації можна вважати 90%, при вищих значеннях температури вона поступово зменшується. Підвищити точність класифікації можна шляхом введення кількох нових параметрів. Також у програмі реалізовано функцію машинного навчання за принципом «Supervised Learning», завдяки додатковому модулю, який після визначення користувачем розчиненого озону видає запит на підтвердження правильності отриманих результатів. Якщо користувач підтверджує правильність класифікації, то задана подія вноситься до навчальної вибірки.

Ключові слова: озон, органічне забруднення, наївний Баєсів класифікатор, озono-газова суміш, експертна система.

Постановка проблеми. Застосування процесу озонування для окислення органічних домішок та їх подальшого видалення на сорбційних фільтрах має значну перспективу використання у харчовій промисловості. Використовуючи цей процес, можна видаляти небажані органічні домішки з оброблюваних розчинів і забезпечувати мікробіологічну чистоту технологічного обладнання [1—4]. Значною перевагою озонування є його екологічність і безпечність для харчових виробництв [1; 4—5]. За його допомогою у харчовій промисловості вже обробляють сировину й тару в овочево-фруктовій,

рибній, м'ясній і зерновій галузях для знищення мікроорганізмів, які призводять до появи плісняви на поверхні сировини під час її зберігання. Озоном обробляють молоко, соки, сидр, пиво, міцні алкогольні напої з метою підвищення строків їх придатності [1; 3—7]. На сьогодні існує вкрай обмежена кількість методів, які дають змогу з великою точністю прогнозувати ефективність зазначених процесів, тому розробка нових є актуальним завданням.

Аналіз останніх публікацій і досліджень. Авторами попередньо проведені експерименти з озонування нанофільтраційного пермеату молочної сироватки — одного з перспективних напрямів застосування озонування. Було встановлено раціональні параметри процесу [8], проте впродовж дослідження виявилось, що ефективність процесу озонування залежить від багатьох факторів. Прогнозування та суворе дотримання рекомендованих параметрів можуть зробити процес озонування економічно вигідною технологією. Більшість дослідників, які вивчають озонування, відзначають необхідність проведення допроектних досліджень, проте це не завжди можна виконати без суттєвих затрат на лабораторне, експериментальне та напіввиробниче обладнання. А в деяких випадках необхідно лише перевірити саму можливість застосування процесу озонування. Зазвичай, у харчовій промисловості для таких цілей існують різноманітні розроблені моделі, спеціальні програми та алгоритми розрахунків. Проте сумарна складність усіх процесів, які відбуваються під час озонування, не дає змоги виробити єдиний та, головне, міжнародно апробований та визнаний спосіб моделювання процесу озонування. До того ж в існуючих моделях озонування не обходиться без коефіцієнтів або параметрів, які заходяться емпіричним шляхом, тобто проведенням прямого експерименту.

Висновком багатьох професіоналів у сфері озонування є те, що рекомендації щодо застосування озонування необхідно давати з урахуванням власного досвіду або після проведення попередніх експериментальних досліджень.

Проте розвиток техніки, особливо інформаційних технологій, дає змогу у XXI столітті по-новому застосовувати відомі математичні та статистичні прийоми. Тож у статті пропонується розроблений авторами метод визначення параметрів процесу озонування та його прогнозування, який заснований на найвсучаснішому Баєсовому класифікаторі із застосуванням технологій «машинного навчання» (англ. Machine Learning).

Мета статті: розроблення доступного для широкого спектра спеціалістів та зрозумілого способу розрахунку процесу озонування та його реалізація у вигляді програмного забезпечення.

Методи та обладнання. Програма для розрахунку процесу озонування була написана на мові програмування Python (Пайтон) версії 2.7.15. Python — потужна мова програмування, має ефективні структури даних високого рівня, простий і водночас ефективний підхід до об'єктно-орієнтованого програмування. Ця мова програмування має зручний та інтуїтивно зрозумілий синтаксис, динамічну обробку типів, вбудований інтерпретатор і велику кількість різноманітних модулів для широкого спектра задач, що робить її придатною для розробки прикладних програм [9].

В основу розрахунку був покладений наївний Баєсів класифікатор [10] — це один з імовірнісних класифікаторів, який визначає належність елемента вибірки до одного з класів. В основі роботи цього класифікатора лежить теорема Баєса та припущення (наївне) незалежності усіх змінних [10].

Припущення «наївності» Баєсового класифікатора полягає в тому, що, незважаючи на незалежність або залежність параметрів один від одного та їх зв'язків між собою, вважається, що при визначенні класу кожний з цих параметрів робить свій окреий і незалежний ні від чого внесок.

Переваги наївного Баєсівського класифікатора полягають у відносній простоті та наочності методу, що дає змогу досить швидко реалізовувати його в програмному коді. При цьому на точність класифікація суттєво впливає правильний вибір параметрів і класів, які формують навчальну вибірку. Алгоритм працює швидко та не потребує великих затрат ресурсів комп'ютера.

Результати та їх обговорення. Серед багатьох параметрів і показників процесу озонування одну з головних ролей відіграє кількість розчиненого озону в оброблюваному розчині RO . Це пов'язано з тим, що в реакцію з обраними для обробки речовинами у розчині вступає саме розчинений у рідкій фазі озон. Головним чином ця величина залежить від pH розчину, його температури (T), вмісту речовин, здатних окислитися озоном (M), та концентрації озону в озono-газовій суміші (C_0):

$$RO = f(pH, T, M, C_0). \quad (1)$$

Оскільки на цьому етапі необхідно було сформувати вибірку даних і принципи роботи з нею, було прийнято рішення використати температуру та концентрацію озону в озono-газовій суміші як вихідні (початкові) параметри.

Вищезазначені параметри були взяті з багаторічного досвіду інженерів та науковців французької компанії Degremont, яка майже 80 років спеціалізується на виробництві питної води, водопідготовці та водовідведенні [11; 12] На рис. 1 представлені вихідні данні у вигляді графіків залежності концентрацій озону в рідкій фазі залежно від його концентрації у газовій фазі для різних значень температур.

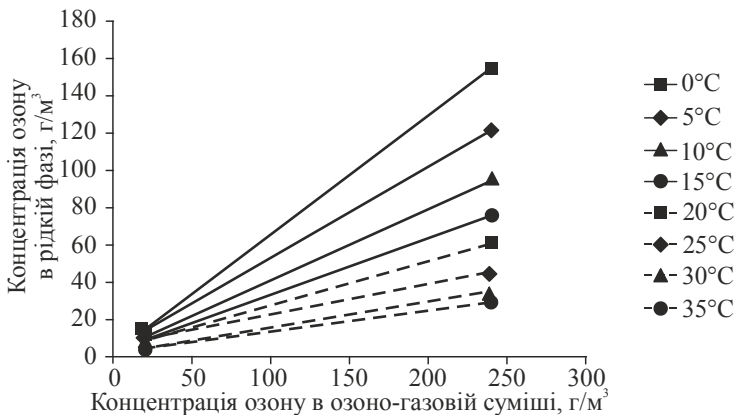


Рис. Набір даних для написання алгоритму

Таблиця 1. Поділ діапазону значень розчинності озону на класи

Клас	A	B	C	D	E
Діапазон значень, %	$80 \leq Y \leq 100$	$60 \leq Y < 80$	$40 \leq Y < 60$	$20 \leq Y < 40$	$0 \leq Y < 20$

Параметри відповідають концентрації озону, що розчинилась у рідкій фазі Y . Було обрано п'ять класів: «А», «В», «С», «D», «Е». Їх сформовано відповідно до різних діапазонів значень Y (табл. 1).

При розподілі класів за основу взято клас С (40...60% розчиненого озону) — така область значень розчиненого озону в рідкій фазі вважається доцільною для використання з точки зору балансу між затратами на озонування та отриманим ефектом. Для інших класів було обрано крок у 20%, де В клас — вище за середній (доцільний); А — ідеальний, на цьому етапі цей клас не застосовується у навчальній вибірці, оскільки може бути досягнутий тільки при використанні додаткових засобів для розчинення озону (спеціальні конструкційні рішення для ректорів або досягнення певних технологічних показників при озонуванні); D — доцільний лише у разі відсутності інших альтернатив, окрім застосування озонування; Е — недоцільний, оскільки економічні затрати на вироблення озону значно перевищуватимуть отриманий ефект.

Принцип формування класів і параметрів навчальної вибірки представлено в табл. 2.

Таблиця 2. Формування класів і параметрів навчальної вибірки

№	$T, ^\circ\text{C}$	$X, \text{г/м}^3$	$Y, \%$	Клас
1.	0	240	74	В
2.	5	120	47	С
3.	0	70	66	В
4.	10	200	40	С
5.	35	20	18	Е
6.	20	118	13	Е
7.	0	50	67	В
8.	15	29	38	D
...

На основі зазначеної навчальної вибірки програма прогнозує найбільш імовірний діапазон (в нашій термінології «клас»), що відповідає проценту розчиненого озону в реакторі, використовуючи застосований алгоритм.

Принцип дії алгоритму наївного Баєсового класифікатора такий:

1. Користувач вводить запит, вказуючи температуру T_0 [$^\circ\text{C}$] та концентрацію озону в газовій фазі x_0 [г/м^3].

2. Розраховується априорна ймовірність для кожного класу:

$$P(C_j) = \frac{N(C_j)}{N}, \quad (2)$$

де $N(C_j)$ — кількість записів у навчальній вибірці, що відповідають цьому класу C_j ; N — об'єм навчальної вибірки, $C_j = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}$ — сукупність класів.

3. Перевірка апіорних імовірностей за класами:

$$\sum P(C_i) = 1. \quad (3)$$

4. Визначаємо апіорну ймовірність предикторів:

$$P(x = x_0) = \frac{N(x_0)}{N}; \quad (4)$$

$$P(T = T_0) = \frac{N(T_0)}{N}, \quad (5)$$

де $N(x_0)$, $N(T_0)$ — частоти значень параметрів $x = x_0$ та $T = T_0$ відповідно.

Для уникнення проблеми «нульових частот» було введено поправки $\Delta x = \pm 0,5$ та $\Delta T = \pm 2,5$ в межах яких враховується збіг із записом у навчальній вибірці.

5. Розрахунок «правдоподібності» для кожного параметра у всіх класах:

$$P(x = x_0 | C_j) = \frac{N(x_0 | C_j)}{N_j}; \quad (6)$$

$$P(T = T_0 | C_j) = \frac{N(T_0 | C_j)}{N_j}, \quad (7)$$

де $N(x_0 | C_j)$, $N(T_0 | C_j)$ — частоти значень параметрів при певному класі для x_0 і T_0 відповідно; N_j — об'єм вибірки для певного класу.

6. За формулою Байєса для кожного класу розраховуємо ймовірність того, що набір параметрів $x = x_0$ та $T = T_0$ відповідає певному класу C_j :

$$P(C_j | x = x_0, T = T_0) = \frac{P(x = x_0 | C_j) \cdot P(T = T_0 | C_j) \cdot P(C_j)}{P(x = x_0) \cdot P(T = T_0)}. \quad (8)$$

7. Класифікатор визначає найбільшу ймовірність належності до класу і видає прогноз користувачу.

8. Якщо користувач підтверджує факт того, що класифікація пройшла вірно, то програма доповнює навчальну вибірку записом (значення x_0 , T_0 відповідають певному класу C_j).

Восьмий пункт — це запропонована авторами реалізація машинного навчання програми. Її принцип «Supervised Learning» — навчання «з учителем», тобто задаються приклади з «вірними відповідями», які додаються до навчальної вибірки. За рахунок реалізації цієї функції і відбувається подальше навчання програми (розширення її початкової вибірки). Це дасть змогу розширювати та покращувати якість класифікації, що в результаті і зробить із програми потужний інструмент для експертної системи.

У табл. 3 наведено результати роботи розробленої експертної системи. Реальні розраховані дані кількості розчиненого озону RO було порівняно з прогнозом класифікатора.

Таблиця 3. Результати порівняння вимірної розчинності озону з прогнозом класифікатора

№ п/п	$T, ^\circ\text{C}$	$C_0, \text{г/м}^3$	Вимірний $RO, \%$	Клас за класифікатором	Достовірність
1	0	91	65,68	B	+
2	2	200	59,92	C	+
3	10	141	40,17	C	+
4	12	100	38,00	C	-
5	0	24	18,07	B	+
6	0	40	70,11	B	+
7	5	233	51,00	C	+
8	25	50	30,00	C	-
9	15	175	31,14	C	-
10	20	120	27,86	C	-
Сумарна достовірність класифікатора					60%

На цьому етапі розробки достовірність класифікатора складає 60%. З вибірки даних видно, що при температурах від 0 до 15°C достовірність класифікації складає майже 90% і поступово знижується при підвищенні температури. Зміна концентрації озону в озono-газовій суміші впливає на точність класифікатора меншою мірою. Точність класифікації можна підвищити у перспективі, додавши ще кілька параметрів.

Висновки

У результаті проведеного дослідження було розроблено базову версію експертної системи для створення в подальшому потужного комплексу розрахунків і підбору необхідних параметрів роботи станцій озонування. В перспективі отриманий комплекс з допомогою машинного навчання може стати потужним інструментом у руках інженерних спеціалістів і науковців у сферах застосування технологій озонування. Перевагами комплексу є простота у використанні, можливість його самовдосконалення шляхом застосування машинного навчання, що поступово буде збільшувати точність та ефективність запропонованої експертної системи (програмного забезпечення).

Література

1. Pandiselvam R., Sunoj S. Manikantan M.R., Kothakota A., Hebbar K.B. Application and Kinetics of Ozone in Food Preservation. *Ozone: Science & Engineering*. 2017. No. 39(2). P. 115—126.
2. Cullen P.J. Tiwari B.K., O'Donnell C.P., Muthukumarappan K.K. Modelling approaches to ozone processing of liquid foods. *Trends in Food Science & Technology*. 2009. No. 20. P. 125—136.
3. Pereira A.M., Faroni L.R.D., Silva A.G. da S.Jr., Sousa A.H., Paes J.L. Economical viability of ozone use as fumigant of stored corn grains. *Engenharia na Agricultura*. 2008. No. 16(2). P. 144—154.
4. Sequential Treatment of Tequila Industry Vinasses by Biopolymer-based Coagulation/Flocculation and Catalytic Ozonation / H. Ferral-Pérez, H. Torres Bustillos, L. Méndez та ін.; *Ozone: Science & Engineering*. 2016. No. 38. P. 279—290.

5. Karaca H. Use of Ozone in the Citrus Industry. *Ozone: Science & Engineering*. 2010. No. 32. P. 122—129.
6. Shigezo N., Takahara H. Ozone Contribution in Food Industry in Japan. *Ozone: Science and Engineering*. 2006. No. 28. P. 425—429.
7. Desvignes C. Changes in common wheat grain milling behaviour and tissue mechanical properties following ozone treatment / C. Desvignes, M. Chaurand, M. Dubois, A. Sadoudi, J. Abecassis, V. Lullien-Pellerin; *Journal of Cereal Science*. 2008. No. 47. P. 245—251.
8. Захаров В.В., Змієвський Ю.Г., Білецька І.М., Мирончук В.Г. Озонування рідин молочної промисловості. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. Київ. 2017. Том 23, № 5, Ч.1. С. 124—130.
9. Мова програмування Python, корпорації Python Software Foundation [US] URL: <https://www.python.org/downloads/release/python-2715/> www.python.org/
10. Langseth H., Nielsen T.D. Classification using Hierarchical Naive Bayes models. *Mach Learn*. 2006. No. 63. P. 135—159.
11. Degremont. Технический справочник по обработке воды. Том 1. / L. Andriamirado, D. Asensi, S. Baig та ін.; Санкт-Петербург: Новый журнал, 2007. 878 с.
12. Degremont. Технический справочник по обработке воды. Том 2. / L. Andriamirado, D. Asensi, S. Baig та ін.; Санкт-Петербург: Новый журнал, 2007. 920 с.

TECHNOLOGIES OF DIRECT ENERGY ACTION IN THE PROCESSES OF THE REMOVAL OF HOMOGENIC AND HETEROGENIC FOOD SYSTEMS

O. Burdo, I. Syrotyuk, Yu. Levtrinskaya
Odessa National Academy of Food Technologies
S. Terziev
PJSC "Annie Foods"

Key words:

Energy efficiency
Food technologies
Capillary structures
Microwave radiation

Article history:

Received 07.09.2018
Received in revised form
25.09.2018
Accepted 16.10.2018

Corresponding author:

O. Burdo
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

This article presents the results of research on the technologies of directed energy action when concentrating extracts of medicinal herbs and coffee, juices. The classification of gradient and non-gradient methods of energy supply, technologies of directed energy action were deepened and expanded. The mathematical models describing the mechanism of combined nanoparticle and macro transfer of moisture from the fibrous capillary structure of plant material, the peculiarities of formation of the target component flow under the influence of the microwave field were presented. The diagrams were presented and the principle of the developed experimental stand for dewatering was described. The peculiarities of this stand are the use of a microwave generator as a source of energy, the creation of vacuum conditions in the chamber with the help of a vacuum pump, which greatly reduces the operating temperatures. Due to the use of the microcontroller an automated collection of information on changes in temperature and mass of condensate was organized. The stand design allows to select heterogeneous and dispersed food systems as well as homogeneous as experimental objects such as juices, extracts, crushed fruit, vegetables, products of animal origin. A number of experimental studies have been carried out using a variety of raw materials. Data on the dewatering kinetics, temperature changes in the process of dehydration were obtained. When concentrating heterogeneous liquid systems, high concentration values reach up to 92°brix. Such a concentrate can not be obtained from existing vacuum evaporators, because of the design features or through the volumetric supply of energy to the raw material. The selective action on the water and alcohol molecules is also observed in the results for capillary structures, such as coffee sludge. The sludge of coffee has a moisture content of about 80% after unloading from the extractors, it is necessary to dehydrate it for further processing. In the presented installation, the rate of dewatering the sludge is 2.5 times higher than the rate of dehydration of heterogeneous systems.

ТЕХНОЛОГІЇ НАПРАВЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ДІЇ У ПРОЦЕСАХ ЗНЕВОДНЕННЯ ГОМОГЕННИХ І ГЕТЕРОГЕННИХ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ

О.Г. Бурдо, І.В. Сиротюк, Ю.О. Левтринська
Одеська національна академія харчових технологій
С.Г. Терзієв
ПАО «Енні Фудз»

У статті наведено результати досліджень технологій направленої енергетичної дії при концентруванні екстрактів лікарських трав і кави, соків. Поглиблено та розширено класифікацію градієнтних і безградієнтних способів підведення енергії, технологій направленої енергетичної дії. Представлено математичні моделі, що описують механізм комбінованого нанота макропереносу вологи з волокнистої капілярної структури рослинної сировини, визначено особливості формування потоку цільового компоненту при впливі мікрохвильового поля. Розроблено схеми та описано принцип дії експериментального стенду для зневоднення. Особливостями цього стенду є використання як джерела енергії мікрохвильового генератора, створення умов розрідження в камері за допомогою вакуумного насоса, що значно знижує робочі температури. Завдяки використанню мікроконтролера організовано автоматизований збір інформації про зміну температур та масу конденсату. Конструкція стенду дає змогу обирати як експериментальні об'єкти гетерогенні та дисперсні харчові системи, а також і гомогенні (соки, екстракти, подрібнені фрукти, овочі, продукти тваринного походження). Проведено ряд експериментальних досліджень з використанням різноманітної сировини. Отримано дані про кінетику зневоднення, зміну температур у процесі зневоднення. При концентруванні гетерогенних рідких систем досягнуто високих значень концентрації — до 92°brix. Через особливості конструкції та об'ємне підведення енергії до сировини такий концентрат неможливо отримати в існуючих вакуум-випарних апаратах. Вибіркова дія на молекули води та спиртів простежується і в результатах для капілярних структур, таких як шлам кави. Шлам кави має вологість близько 80% після вивантаження з екстракторів, для його зберігання з метою подальшої переробки необхідне зневоднення. У представленій установці швидкість зневоднення шלאму у 2,5 рази вища за швидкість зневоднення гетерогенних систем.

Ключові слова: енергоефективність, харчові технології, капілярні структури, мікрохвильове випромінювання.

Постановка проблеми. Проблема ефективного використання та раціонального підходу до розподілення ресурсів вкрай актуальна для людства. Порівняти її можна з іншою проблемою — нестачею продуктів харчування, що

спричиняє продовольчу кризу в багатьох країнах. Проблематика викликана як стрімким розвитком технологій, урбанізацією, що вимагають все більшої кількості енерговитрат, так і проблемою вичерпності паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), які нерівномірно розподілені у світі. Деякі країни мають більші запаси ПЕР, що є потужним важелем впливу на економіку та навіть на політичний курс розвитку менш енергозабезпечених країн. Такий ефект відчутний в усьому світі, тому пошук шляхів зниження витрат енергії є принциповим питанням, що визначає економічну та політичну стабільність [1—4]. Відсутність системного підходу до дослідження енерготехнологічних проблем, досвіду у вирішенні завдань ефективного використання ресурсів можуть стати причиною економічної кризи в країні [5].

У пропонованій статті поставлено і вирішується завдання організації технологій направленої енергетичної дії (НЕД). Це є напрямком, якому присвячено ряд наукових праць авторів, де досліджуються енергоефективні технології переробки харчової сировини, такі як сушіння, екстрагування, концентрування харчових розчинів, технології інактивації мікроорганізмів. У цьому дослідженні вперше доведено та показано, що енергетика є не тільки характеристикою, основним результатом технології, а й інструментом організації технології, засобом управління кінетикою процесів переносу в елементах різних систем. Спрямоване, селективне підведення енергії до тих елементів сировини, які вимагають енергетичного впливу, є інноваційним засобом організації процесів масоперенесення. Така організація процесу дасть змогу зберегти термолабільні елементи сировини, які повинні мінімально піддаватися енергетичному впливу. Особливу увагу слід приділяти мікро- і нанорозмірним структурам сировини. Ці елементи в традиційних технологіях практично не розглядаються, ґрунтовних досліджень цього напрямку недостатньо. У цьому дослідженні визначено подальші перспективи НЕД-технологій у харчовій і фармацевтичній промисловостях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження розкривають нові методи системного підходу до вирішення проблем забезпечення енергією [2—3]. Європейські та азійські вчені активно розвивають інноваційні теплотехнології [4], впроваджують альтернативні джерела енергії, теплові насоси [5], системи теплоутілізації [6] тощо. Зважаючи на високу енерговитратність харчової індустрії, ці підходи вкрай актуальні для галузі. Традиційні підходи регулювання енерговитрат (такі як енергозбереження) неактуальні для харчової промисловості. Насамперед це пов'язано зі зростанням попиту на продукти харчування та підвищення вимог до їхньої якості. Через процеси глобалізації й урбанізації змінюються звичні моделі забезпечення населення продуктами харчування, більшість підприємств переноситься за межі міст і великих населених пунктів, що підвищує витрати на транспортування продукції. Це сприяє зростанню потреби та зацікавленості у зневодненні харчових продуктів, виробництві харчових концентратів. Впровадження технологій зневоднення викликає ряд інших проблем — екологічні, додаткові витрати енергії, погіршення якості продуктів через термічну обробку тощо [1].

Шляхом вирішення цих проблем має бути новий принцип передачі енергії, комбінування впливів на процеси перенесення, формування рушійних сил за іншими принципами [7]. Аналіз теплотехнологій [8—11], що вимагають колосальних витрат енергії на фазові переходи, вилучення цільових компонентів, сушіння, показує, що розвиток технологій вимагає спрямованого, селективного підведення енергії до тих елементів сировини, які вимагають енергетичного впливу. За таких умов можливо зберігати термолабільні компоненти, видаляючи безпосередньо вологу, зберігаючи якість харчових продуктів.

Численні дослідження процесів на рівні капіляра показують, що процеси мікрокінетики важко піддаються дослідженню, немає інформації про вплив таких факторів, як кількість мікрохвильової енергії, необхідної для утворення потоку з капіляра, впливу безпосередньо мікрохвиль на термолабільні компоненти, пароутворення при впливі мікрохвильового випромінювання. Згідно з гіпотезою, яку ми висуваємо у цьому дослідженні, адресний спрямований вплив енергії на вологу в харчовому продукті дасть змогу інтенсифікувати процеси зневоднення, вирішити проблему збереження якості харчового продукту.

Мета статті: дослідження технологій направленої енергетичної дії, підтвердження виникнення потужного потоку компонентів при екстрагуванні та вологи при випарюванні під дією направленої енергії.

Матеріали і методи. *Класифікація НЕД-технологій.* НЕД-технології — це технології спрямованої, селективної дії на елементи сировини і біологічні об'єкти. НЕД-нанотехнології відрізняються тим, що напрямок енергетичної дії — наномасштабні об'єкти, мікро- і наномасштабні структури. І в першому, і в другому випадках завданням селективного енергетичного впливу є управління полями, визначення напрямків силових впливів слабких полів, організація потоку з мікро- і нанокapілярної структури, формування складу цих потоків, напрямку силових впливів на оболонки клітинної структури мікробіологічних об'єктів тощо [7].

Для харчових систем зниження кількості спожитої енергії не тільки підвищить енергетичний ККД процесу і знизить собівартість продукту, але й зменшить рівень термічного впливу на продукт. Це призведе до збереження термолабільних і біологічно активних компонентів харчової сировини. Наприклад, харчові продукти і кулінарні вироби, отримані за НЕД, відповідатимуть вимогам функціонального харчування.

Загалом, є два напрямки керування потоками енергії [12]. Перший (градієнтний принцип) — це доставка енергії до поверхні сировини за допомогою високоефективних теплопроводів. Другий (безградієнтний принцип) — це локальна доставка енергії безпосередньо до вологи в об'ємі сировини. Розглянемо класифікацію цих напрямків (рис. 1, 2).

Класифікація (рис. 1) відображає засоби реалізації принципів, їх конструктивні відмінності, переваги та можливості конструкцій. Застосування теплових труб, гравітаційних і ротаційних термосифонів досить широко розглянуто в ЕСУ, ТТв АПК. Значно менше використовуються автономні двофазні системи, але їхні перспективи обґрунтовані [7].



Рис. 1. Класифікація градентних принципів направленої енергетичної дії

Революційним напрямком можна вважати безградентні принципи направленої енергетичної дії (рис. 2).



Рис. 2. Класифікація безградентних принципів направленої енергетичної дії

Наведені принципи (рис. 2) мають перспективи в організації масообмінних процесів: сушіння, екстрагування, кристалізації. Вони здатні вирішувати науково-технічні суперечності, що стосуються переробки рослинної сировини.

Ефективність харчових технологій (продуктивність, питома енергоємність, якість готового продукту, ступінь вилучення цінних компонентів сировини тощо) значною мірою визначається можливостями впливу на оболонки клітин, мікроорганізми, пори, капіляри тощо. Технології НЕД — спосіб знайти ефективні рішення, підходи для локальних дій, спрямованих на інтенсивні,

низькоенергоємні операції з харчовою сировиною і навіть з окремими нанорозмірними елементами цієї сировини. Важливим є створення фундаментальних основ еволюційних нанометричних явищ і процесів. Враховуючи теперішні тенденції розвитку технологій [7], можна прогнозувати розвиток процесів НЕД-технологій (рис. 3).

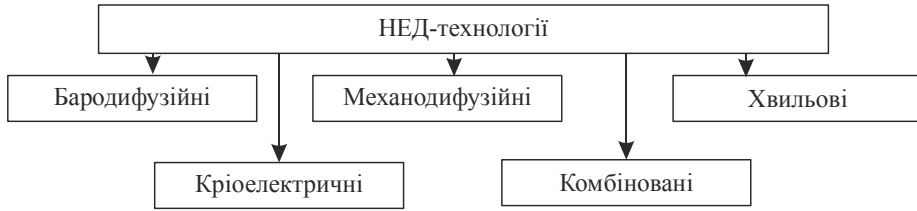


Рис. 3. Класифікація процесів НЕД- технологій

Нанотехнологічні прийоми при кріорозділенні водних розчинів знайдуть застосування при низькотемпературному концентруванні соків, екстрактів, виноматеріалів та інших водних розчинів, демінералізації води (в тому числі при отриманні води глибокого очищення), вирощуванні кристалів льоду і солей [7]. Хвильові та механодифузійні технології можуть стати основою нових ефектів при масопереносі [7]. Розглянемо детальніше бародифузійні ефекти в капілярпористих системах.

Механізм і модель бародифузії. Зважаючи на термодинамічну схему нанопроцесів [7], механізм комбінованого нано- та макропереносу вологи (та інших компонентів) з волокнистої структури до потоку пояснюється схемою (рис. 4).

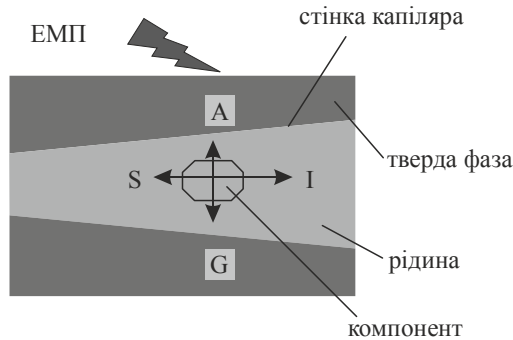


Рис. 4. Баланс сил, що діють на компонент у міжклітинному просторі

Розглянемо окремий компонент у капілярі сировини (рис. 4). На компонент діють сили: А — взаємодії з поверхнею капіляра; І — інерції потоку; G — тяжіння; S — в'язкості. Баланс дії цих сил визначить, у якому напрямку і з якою швидкістю буде рухатись компонент.

Завданням інтенсифікації процесів масоперенесення є ініціювання потоку І (рис. 4). Інші сили за схемою (рис. 4) гальмують процес. За рівнянням Фіка нестационарне поле концентрацій має вигляд:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 C}{\partial Z^2} + \frac{\partial C}{\partial Z} W_z. \quad (1)$$

Перший доданок в (1) характеризує суто дифузійний перенос, процес традиційно інерційний. Запропонована в дослідженні концепція спирається на потенційні можливості другого доданку в (1). Це зміни поля концентрацій, зумовлені виходом концентрованого розчину з капіляра зі швидкістю w , величина якої залежить від значення стрибка тиску ΔP з (2). Зв'язок між цими параметрами визначається з рівняння гідравліки капілярної системи з довжиною каналів (l), їх діаметром (d), коефіцієнта тертя (λ) і суми місцевих гідравлічних опорів (ζ):

$$\Delta P = \frac{\rho w^2}{2} \left[\frac{\lambda l}{d} + \sum \zeta \right] + \rho g l + \frac{\sigma}{d}. \quad (2)$$

При використанні електромагнітного поля (рис. 4) в капілярі має місце дисипація енергії поля в теплоту. Підведена енергія ($N\eta\tau$) витрачається на підвищення внутрішньої енергії при зміні теплоємності, переведення води в пару. В результаті — підвищення тиску в капілярі. Причому це зростання тиску може мати вибуховий характер через малий об'єм рідини в капілярі і концентрації енергії:

$$P(\tau) = Pa + \Delta P. \quad (3)$$

Саме цей стрибок тиску й викликає бародифузію. При цьому суттєві зміни відбудуться у формуванні поля концентрацій цільових компонентів у системі.

Визначальним фактором при виникненні бародифузії є температура в локальній точці об'єму сировини. Нестационарне поле температур з урахуванням дії ЕМП визначається за такою формулою:

$$\frac{\partial t_1}{\partial \tau} = a_1 \left(\frac{\partial^2 t_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t_1}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 t_1}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 t_1}{\partial z^2} \right) + \frac{N\eta}{V_1 c_{1V} \rho_1}. \quad (4)$$

Вплив ЕМП виражається в (4) як дія внутрішнього джерела енергії потужністю (N) і з ККД (η).

У співвідношеннях (1)—(4): c — питома теплоємність; λ — коефіцієнт теплопровідності; a — коефіцієнт температуропровідності; σ — коефіцієнт поверхневого натягу; τ — час роботи; z, r, ϕ — координати.

Наукові гіпотези апробовано при випробуваннях обладнання, що реалізує відповідні засоби НЕД технологій.

Інноваційне обладнання за принципом направленої енергетичної дії. Проведено стендові дослідження вакуумної камери для зневоднення сировини (рис. 5).

Парові обсяги робочої камери і конденсатора з'єднані паропроводом, контроль вакууму в системі проводиться зразковим вакуумметром. Підведення електромагнітної енергії здійснюється блоком силової електроніки за командами блоку управління, який містить таймер і регулятор потужності. Водохолоджувач складається з парокompресорної холодильної машини, ємності з

охолоджувальної водою, регулятора температури води і циркуляційного насоса, який забезпечує подачу холодної води в конденсатор (5). Стенд комп'ютеризований, поточна інформація від електронних ваг, вимірювача температури пари, що виходить, і продукту у випарній камері через інтерфейс надходить, реєструється і обробляється процесором. У стенді використовувалися електронні ваги типу TBE-0,21-0,01 і датчики температур типу Dallas DS 18b20. Інформація збиралася на ноутбук або планшет CHUWI CW1506. Розроблена програма передбачала відображення на екрані дисплея термограм, убитку вологи з камери і миттєві значення швидкості видалення вологи (% на хвилину).

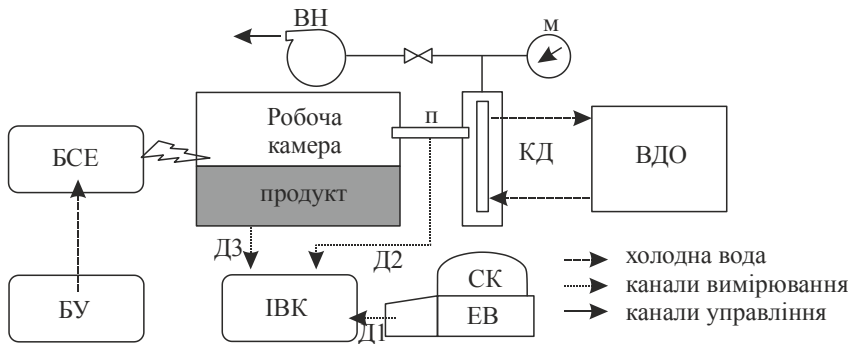


Рис. 5. Стенд для досліджень процесів зневоднення у мікрохвильовому полі

Результати експериментальних досліджень та їхнє обговорення. Для досліджень впливу мікрохвильового поля на харчову сировину були обрані продукти з різними властивостями, в тому числі й термолабільні (табл. 1).

Таблиця 1. Об'єкти експериментальних досліджень

Продукт	Тип	Структура
Сік ехінацеї	ЛРС (лікарська рослинна сировина)	Рідка гомогенна система (РГС)
Шлам кави	Спиртова система	Дисперсна гетеротропна композиція (ДГК)
Екстракт масла кави	Спиртовий розчин	Рідка гетерогенна композиція
Морепродукти (мідії)	Харчовий продукт тваринного походження	Тверді фракції та вода
Томатна паста	Харчовий продукт рослинного походження	Рідка гетерогенна структура
Гранатовий сік	Харчовий продукт рослинного походження	Рідка гомогенна система

У дослідах реєструвалися: споживана потужність (N), тиск у камері (P), температура продукту (T) і паропродуктивність (W). Поточні значення W визначалися за показаннями електронних ваг (за масою конденсату в збірнику). Завдяки цьому з високою точністю визначався вихід пари. Робочі температури не перевищували 50°C . Типові залежності для чотирьох видів продукту наведені на рис. 6.

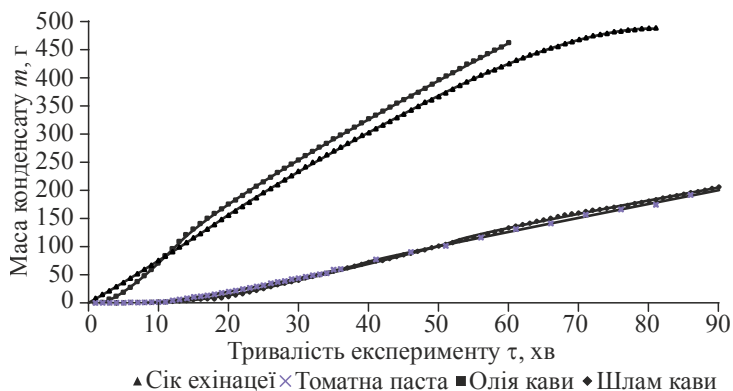


Рис. 6. Зміна маси конденсату на виході з МВА

Результати експерименту дали змогу визначити швидкість видалення води, зміна якої показано на рис. 7.

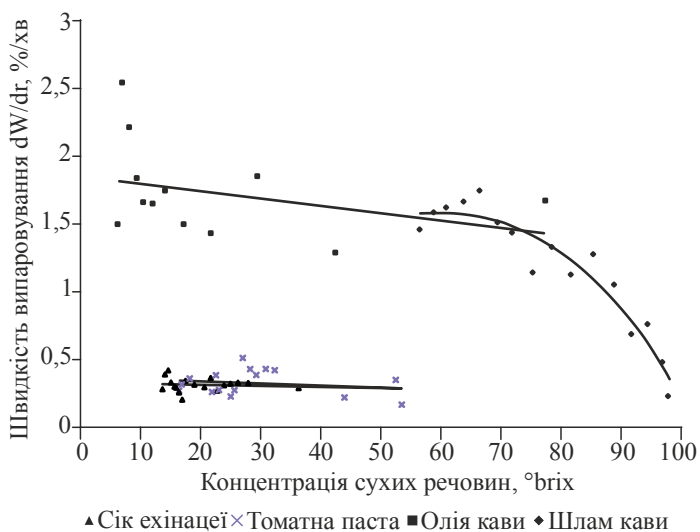


Рис. 7. Лінії швидкості пароутворення у МВА

За результатами аналізу відповідності швидкості випаровування і концентрації продукту в апараті побудована залежність, яка показала, що швидкість видалення води в вакуумному МХ апараті практично постійна.

Висновки

- Аналіз результатів дослідів дає змогу зробити такі висновки:
- швидкість випаровування в МВА практично постійна (незначні флуктуації можна пояснити похибкою експерименту);
 - досягнуті високі значення концентрацій продукту (до 92°brix);
 - кавовий шлам на виході практично не містив рідкої фази;
 - вплив об'єму рідини в продукті помічається після концентрацій більше 80°brix;

- спиртовмісні системи характеризуються швидкістю випарювання в рази вищою, ніж ті, що містять воду.

Література

1. Gabor D., Colombo U., King A. S. Beyond the age of waste: a report to the Club of Rome. Elsevier, 2016. 258 p.
2. Balin B.E., Akan D.M. EKC hypothesis and the effect of innovation: A panel data analysis. *Journal of Business Economics and Finance*. 2015. Т. 4. No. 1. P. 81—91.
3. U'ev L.M., Vasil'ev M.A. Heat and power integration of processes for the refinement of coking products. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2015. Т. 49. No. 5. С. 676—687.
4. Atamanyuk, V., Huzova, I., & Gnativ, Z. Study of diffusion processes in pumpkin particles during candied fruits production. *Харчова наука та технологія*. 2017. No. 11(4). С. 21—28.
5. Шит М.Л. и др. Многотемпературный тепловой насос с каскадным включением компрессоров. *Проблемы региональной энергетики*. 2017. № 2(34). С. 91—97.
6. Smirnov N. F., Zykov A. V., Reznichenko D. N. The determination of energy source optimal parameters for vacuum evaporation. *Наукові праці ОНАХТ*. 2017. Т. 80. No. 1. С. 133—137.
7. Бурдо О.Г. и др. Технологии селективного подвода энергии при выпаривании пищевых растворов. *Проблемы региональной энергетики*. 2017. № 1. С. 100—109.
8. Чуешов В.И., Гладух Е.В., Сайко И.В., Ляпунова О.А., Сичкарь А.А., Крутских Т.В., Рубан Е.А., Черняев С.В. *Технология лекарств промышленного производства: учебник для студ. высш. учеб. завед.: перевод с укр. Яз. : в 2 ч. Ч. 1*; Винница: Новая Книга, 2014. 696 с.
9. Боровкова Э.В., Давыдов И.Б., Пантюхина Е.В. Анализ недостатков и путей модернизации выпарных аппаратов. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2018. № 2. С. 331—337.
10. Ащеулов А.С. Исследование процессов выпаривания настоев черноплодной рябины. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2017. № 126. С. 131—140.
11. Cortes-Rodríguez E.F., Fukushima N.A., Palacios-Bereche R., Ensinas A.V., & Nebra, S.A. Vinasse concentration and juice evaporation system integrated to the conventional ethanol production process from sugarcane-Heat integration and impacts in cogeneration system. *Renewable Energy*. 2018. Т. 115. С. 474—488.
12. Burdo O.G., Bandura V.N., Levtrinskaya Y.O. Electrotechnologies of Targeted Energy Delivery in the Processing of Food Raw Materials. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2018. Т. 54. No. 2. С. 210—218.

TEMPERATURE EFFECT OF THE LAST PRODUCT SUGAR MASSECUITE CRYSTALLIZATION PROCESS ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THE SYRIP

M. Samilyk

Sumy National Agrarian University

Key words:

Cooling crystallization
Massecuite
Intercrystalline solution
Dilution with water
The intermediate heating

Article history:

Received 04.09.2018
Received in revised form
21.09.2018
Accepted 12.10.2018

Corresponding author:

M. Samilyk
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The rheological properties of a sugar massecuite have a significant effect on the course of the crystallization process. Viscosity is one of the main factors affecting the decay of molasses. During the cooling of the sugar massecuite of the last crystallization, the dry matter content and, accordingly, viscosity increase. In this case, it is important to coordinate the rate of cooling with the rate of crystallization and to take measures to prevent the formation of small crystals.

Among other thermophysical parameters, which depend on the rate of crystallization of sucrose under isohydric crystallization, is a surface tension that influences the rate of incorporation of sucrose molecules into crystalline lattice of sugar.

We have proposed an improved method of cooling crystallization, which involves the intermediate heating of the sugar massecuite with its subsequent cooling. The effectiveness of the intermediate heating of the sugar massecuite of the last product was confirmed in laboratory and industrial conditions.

The use of intermediate heating of the sugar massecuite of the last degree of crystallization at 7—10°C after its cooling to 50—55°C increases the effect of crystallization by reducing the coefficient of dynamic viscosity of the calf, reducing the coefficient of surface tension, and agreeing the rate of cooling with the rate of crystallization of sucrose. In addition, granulometric composition of sugar is improved and secondary crystallization is prevented.

The paper presents the results of laboratory, industrial and computing experiments modes stations crystallization of last product sugar massecuite. Recommendations for the industry on the rational management of industrial crystallization process were given.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ЦУКРОВОГО УТФЕЛЮ ОСТАННЬОГО СТУПЕНЯ КРИСТАЛІЗАЦІЇ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МІЖКРИСТАЛЬНОГО РОЗЧИНУ

М.М. Самілик

Сумський національний аграрний університет

Реологічні властивості цукрового утфелю мають суттєвий вплив на хід процесу кристалізації. В'язкість є одним із головних факторів, що впливають на знецукрення меляси. В процесі охолодження цукрового утфелю останньої кристалізації збільшується вміст сухих речовин і, відповідно, в'язкість. При цьому важливо узгоджувати темп охолодження зі швидкістю кристалізації та проводити заходи щодо запобігання утворенню дрібних кристалів.

Серед інших теплофізичних параметрів, від яких залежить швидкість кристалізації сахарози за умов ізогідричної кристалізації, є поверхневий натяг, що впливає на швидкість вбудови молекул сахарози у кристалічні решітки цукру.

У статті запропоновано удосконалений спосіб проведення кристалізації охолодженням, який передбачає проведення проміжного нагрівання утфелю з подальшим його доохолодженням. Ефективність проміжного підігріву утфелю останнього продукту підтверджено у лабораторних і промислових умовах.

Використання проміжного нагріву утфелю останнього ступеня кристалізації на 7—10°C після його охолодження до 50—55°C підвищує ефект кристалізації за рахунок зменшення коефіцієнта динамічної в'язкості утфелю, коефіцієнта поверхневого натягу та узгодження темпу охолодження зі швидкістю кристалізації сахарози. Крім того, покращується гранулометричний склад цукру та унеможливується вторинне кристалоутворення.

Наведено результати лабораторних, промислових і обчислювальних експериментів режимів роботи станцій кристалізації цукрового утфелю останнього продукту. Дано рекомендації промисловості щодо раціонального ведення процесу кристалізації.

Ключові слова: кристалізація охолодженням, утфель, міжкристальний розчин, розкачка водою, проміжний підігрів.

Постановка проблеми. Відповідно до дифузійно-кінетичної теорії кристалізації її швидкість залежить від інтенсивності дифузійного переносу молекул сахарози до поверхні вже існуючих кристалів і швидкості кристалохімічної реакції на межі поділу фаз «цукровий розчин-кристал» [1]. З огляду на це реологічні властивості утфелю мають суттєвий вплив на хід процесу кристалізації.

Між молекулами сахарози в цукрових розчинах містяться нецукри, які збільшують відстань між молекулами, зменшують їх взаємне притягування, створюють додатковий опір, для подолання якого необхідно зменшити від-

стань між молекулами сахарози. За таких умов збільшується концентрація сухих речовин і підвищується в'язкість. Це ускладнює визначення оптимальних умов кристалізації сахарози з утфеля останньої кристалізації [1].

На початковій стадії кристалізації при високій температурі та чистоті міжкристалального розчину в'язкість має мінімальний вплив на процес. Зі збільшенням в'язкості слід регулювати швидкість охолодження утфелю, узгоджуючи його зі швидкістю кристалізації, з метою уникнення утворення «муки», яка негативно впливає на центрифугування.

За умов структурованості утфелю та набуття ним реологічних властивостей в'язкість є похідною від в'язкості міжкристалального розчину та вмісту і розміру кристалів у ньому. Найбільш важлива особливість у залежності між температурою і в'язкістю полягає в тому, що для насиченої меляси певної чистоти є температура, при якій в'язкість мінімальна. Середня величина цього мінімуму знаходиться в межах температури близько 55°C [2].

Використання розкачок утфелю водою після його оходження до 50—55°C для зменшення коефіцієнта динамічної в'язкості міжкристалального розчину не вирішує проблеми повного знецукрення меляси: порушуються ізогідричні умови кристалізації, збільшується вихід меляси за рахунок високого мелясоутворюючого коефіцієнта води (2,3—2,7), підвищується вміст сахарози в мелясі (54—57%) [2].

Серед інших теплофізичних параметрів, що впливають на швидкість кристалізації сахарози за існуючих умов, є поверхневий натяг. Коефіцієнт поверхневого натягу на межі розподілу фази «розчин-кристал» сахарози залежить від температури і впливає на швидкість вбудови молекул сахарози у кристалічні решітки цукру. Зменшення коефіцієнта поверхневого натягу міжкристалального розчину прискорює інтенсивність кристалізації [1], зменшує прилипання міжкристалального розчину до кристала, покращує умови центрифугування.

Прийнятий типовий технологічний режим охолодження утфелю в станціях кристалізації зі швидкістю 1,0—1,1°C/год протягом 32 год в горизонтальних мішалках-кристалізаторах та 1,2—1,4°C/год у вертикальних кристалізаторах [3], як правило, вимагає додаткової розкачки утфелю водою. Такий спосіб охолодження не збільшує динаміку процесу, тому запропоновано альтернативний спосіб зменшення в'язкості в процесі кристалізації — проміжне нагрівання.

Метою статті є обґрунтування доцільності використання проміжного нагрівання утфелю останнього ступеня кристалізації в перемішувачах-кристалізаторах.

Матеріали і методи. З метою визначення доцільності використання проміжного нагрівання утфелю та узгодження зміни температури утфеля зі швидкістю кристалізації в процесі його охолодження виконані дослідження, методикою яких передбачалось порівняння результатів отриманих за умов розкачки утфелю водою, мелясою та використання замість їх проміжного нагрівання [4].

Визначено температуру утфелю, при якій швидкість кристалізації значно знижується і виникає необхідність його обробки проміжним нагріванням для

зменшення коефіцієнта динамічної в'язкості міжкристалного розчину та коефіцієнту пересичення.

За умов рекомендованого нами режиму політермічної кристалізації утфелю охолодження слід здійснювати до температури 50—53°C, потім проводити проміжний нагрів на 7—10°C і продовжувати його охолодження [4].

Визначена зміна коефіцієнта динамічної в'язкості міжкристалного розчину за умов проведених досліджень. Отримані результати наведені на рис. 1.

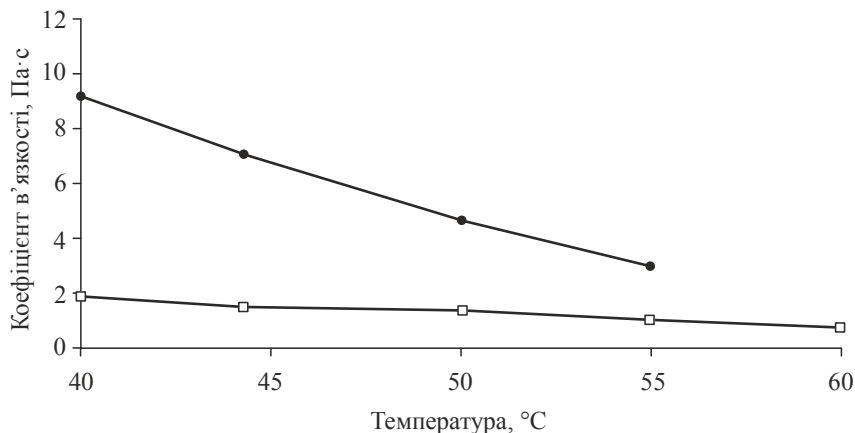


Рис. 1. Зміни коефіцієнта динамічної в'язкості міжкристалного розчину залежно від чистоти і температури:

● — чистота Ч = 54,6%; □ — чистота Ч = 67,45%

Завдяки проміжному нагріванню коефіцієнт пересичення міжкристалного розчину знижувався, відбувалось розчинення дрібних кристалів цукру і при подальшому охолодженні продовжувалося нарощування кристалів. При цьому відбувалась зміна коефіцієнта динамічної в'язкості міжкристалного розчину.

Зменшення коефіцієнта динамічної в'язкості міжкристалного розчину за рахунок проміжного нагрівання утфелю прискорює процес перенесення молекул сахарози з об'єму міжкристалного розчину до поверхні кристалів, а також підвищує швидкість кристалохімічної реакції на границі поділу фаз «розчин-кристал» під час переходу молекул сахарози із розчиненого стану в кристалічний.

Для розрахунку коефіцієнта поверхневого натягу використано емпіричне рівняння поверхневого натягу залежно від вмісту сухих речовин, температури і чистоти, запропоноване А.В. Величковським [2]:

$$\sigma = (1,962CP - 0,981t + 3,679Ч + 299,2)10^{-4}, \quad (1)$$

де CP — вміст сухих речовин в міжкристалному розчині, %; t — температура міжкристалного розчину, °C; Ч — чистота міжкристалного розчину, %.

Результати розрахунку коефіцієнта поверхневого натягу (Н/м) представлені в таблиці.

Таблиця. Коефіцієнт поверхневого натягу на межі поділу фаз «кристал-цукровий розчин»

Умови ведення процесу	До початку кристалізації	Перед обробкою утфелю	Через 20 год кристалізації	Через 31 год кристалізації	Через 33 год кристалізації	Через 35 год кристалізації	Через 42 год кристалізації
Розкачка водою	0,06551	0,06598	0,06605	0,06612	0,06634	0,06658	0,06674
Розкачка цукровим розчином високої чистоти	0,06551	0,06598	0,06605	0,06599	0,06613	0,06625	0,06637
Розкачка цукровим розчином низької чистоти	0,06551	0,06598	0,06605	0,06599	0,06611	—	—
Проміжне нагрівання	0,06551	0,06598	0,06419	0,06492	—	—	—

Дані таблиці свідчать про те, що в результаті застосування проміжного нагрівання коефіцієнт поверхневого натягу міжкристального розчину зменшується, отже, негативний вплив коефіцієнта динамічної в'язкості на швидкість кристалізації сахарози зменшується.

При зниженні температури утфельної маси виникають також проблеми з її перемішуванням, адже опір міжкристального розчину досить високий, перемішування утфелю в кристалізаторі погіршується. Часто це призводить до поломки механічних перемішувачів пристроїв [1].

Рух розчину відносно кристалів уповільнюється, відповідно зменшується швидкість кристалізації сахарози. Оскільки утфель, що кристалізується у перемішувачах-кристалізаторах, — це грубодисперсна суспензія високої якості, одним із завдань нашого дослідження є визначення оптимальних гідродинамічних умов в апараті.

Результати та обговорення. Ефективним заходом зниження коефіцієнта динамічної в'язкості при політермічній кристалізації є проміжне нагрівання. Зменшення в'язкості міжкристального розчину утфелю після проміжного нагрівання суттєво підвищує інтенсивність кристалізації. Лише зменшення коефіцієнта динамічної в'язкості міжкристального розчину утфелю останнього ступеня кристалізації з 1,4 до 0,98 Па·с збільшує швидкість кристалізації на 33% [4].

У процесі ізогідричної кристалізації кристали сахарози рухаються вниз, оскільки їх об'ємна маса вища за густину міжкристального розчину. При цьому виникає сила опору, яка направлена в сторону, протилежну руху кристалу. Величина цієї сили пропорційна швидкості руху частинки і залежить від форми і розміру кристалів, фізичних властивостей міжкристального розчину [1].

На величину сили опору впливають:

- сила динамічного опору;
- сила тертя;
- сила опору, що утворюється за рахунок розрідження за кристалом під час його руху.

Сила динамічного опору виникає в результаті того, що кристал під час руху витісняє перед собою частину міжкристального розчину, даючи йому енергію, при цьому швидкість міжкристального розчину підвищується і дорівнює швидкості руху кристалів.

Зміна кінетичної енергії дорівнює діючій силі. Сила опору залежить від густини міжкристального розчину, швидкості руху кристалів та коефіцієнта опору. Дифузійний опір обмежується відносно тонкою плівкою, що оточує молекули сахарози, в той час як конвекційні потоки вирівнюють концентрацію міжкристального розчину. Тому збільшення інтенсивності перемішування в кристалізаторах призводить до збільшення інтенсивності кристалізації.

Зростання в'язкості і повільне перемішування зменшують швидкість кристалізації, оскільки дифузійний шар стає товщим і процес масоперенесення уповільнюється. За умов політермічної кристалізації, коли густина міжкристального розчину і кристалів цукру відрізняються на незначну величину, швидкість осадження кристалів цукру за таких умов не перевищує 0,005 м/с [4].

За умов експерименту, нагрівання утфелю на 7—10°C зменшує коефіцієнт динамічної в'язкості міжкристального розчину чистотою 54,6% майже вдвічі, чистотою 67,4% — в 1,4 раза, при цьому, коефіцієнт поверхневого натягу для міжкристального розчину чистотою 67,5% зменшується від 0,06598 Н/м до 0,06419 Н/м. Результати виконаних досліджень показали, що ефект кристалізації за умов застосування проміжного нагрівання утфелю зростає і становить 7,4—8,2% [5].

Узгодження темпу охолодження 0,95—1,0°C/год до та 0,8—0,95°C/год після проміжного нагрівання утфелю останнього ступеня кристалізації зі швидкістю кристалізації зводить до мінімуму вторинне кристалоутворення, зменшуючи частку кристалів фракції, яка менша за 0,2 мм, до 0,77%.

Висновки

Використання проміжного нагрівання як альтернативи типовому способу сприяє зменшенню коефіцієнта динамічної в'язкості та коефіцієнта поверхневого натягу, що призводить до підвищення ефекту кристалізації.

Запропонований режим перемішування та охолодження в кристалізаторах дає змогу забезпечити такий гідродинамічний стан, який запобігає осадження кристалів і створює умови для інтенсивної кристалізації.

Література

1. Кулиниченко В.Р., Мирончук В.Г. Промышленная кристаллизация сахаристых веществ: Монография. Київ: НУПТ, 2012. 426 с.
2. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. Ч. 2: Монография / В.О. Штангеев, В.Т. Кобер, Л.Г. Белостоцкий и др.; под ред. д-ра техн. наук, проф. В.О. Штангеева. Киев: «ЦУКОР УКРАЇНИ», 2004. 320 с.
3. Технологічний процес виробництва цукру з цукрових буряків. ПУП 15.83-37-106:2007. Київ: Цукор України. 2007. 420 с.
4. Мирончук В.Г., Ещенко О.А., Картава М.М. Интенсификация процесса кристаллизации охлаждением сахарного утфеля последнего продукта. *Міжвузівський збірник «Наукові нотатки»*. Луцьк, 2012. Випуск 39. С. 111—117.
5. Мирончук В.Г., Ещенко О.А., Самілик М.М. Застосування теплової обробки утфелю останнього продукту в перемішувачах-кристалізаторах. *Вісник Тернопільського національного технічного університету*. Тернопіль, 2012. № 4(68). С. 227—233.

OPTIMIZATION OF THE SYNTHESIS OF PACKING MACHINES BY THE EFFICIENCY CRITERIA

L. Kryvoplias-Volodina, O. Gavva, A. Derenivska

National University of Food Technologies

Key words:

Technological processe

Optimization synthesis

Functional device

Functional mechatronic module

The overall efficiency of

The equipment OEE

(Overall Equipment

Effectiveness)

Article history:

Received 04.09.2018

Received in revised form

26.09.2018

Accepted 17.10.2018

Corresponding author:

O. Gavva

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

In this article, the conditions for the synthesis of the packaging machine layout were developed. Development was carried out by a criterion evaluation of individual functional mechatronic modules (FMM). These modules were combined with two main groups of evaluations, which are calculated by the cost program developed by the authors. The analysis of the hierarchical structure of an individual functional modular subsystem for the FMM packing machine for small-piece products was presented. In accordance with the proposed example, the evaluation of the overall efficiency of the equipment OEE (Overall Equipment Effectiveness) of the technological process in FMM for feeding a roll packaging material was performed. On the example of the FMM for feeding a roller packaging material for a packing machine, which had different functional devices (FDj), schemes and models for implementing multi-stage step-by-step multicriteria synthesis were developed. It was also proved the feasibility of using such schemes and models for different criteria of the optimization task. The use of the OEE criterion, which has aggregate properties and reflects the generalized evaluation of the FMMi with maxmin (minmax) criterion on the basis of the compromise principle was substantiated. This principle is based on the idea of optimality of the FMMi of the food packaging machine, with the subsequent addition of each of the following functional module. The optimization synthesis of structures and machines FMM drawing film for packaging small-piece products was conducted. The subprogramme — the table in Exel Software for semi-automated mode solve the problems of synthesis optimization for selecting the layout of modules in the packaging equipment was developed. The results of theoretical research are adequate to actual technological processes, which is confirmed by experimental research.

ОПТИМІЗАЦІЯ СИНТЕЗУ ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН ЗА КРИТЕРІЄМ ЕФЕКТИВНОСТІ

Л.О. Кривопляс-Володіна, О.М. Гавва, А.В. Деренівська
Національний університет харчових технологій

У статті розроблено умови синтезу компоновки пакувальної машини на базі критеріальної оцінки окремих функціональних мехатронних модулів (ФММ), об'єднаних двома основними групами оцінок. Для цього було проведено математико-статистичний аналіз технічних і технологічних характеристик основних функціональних модулів пакувальних машин та застосовані методи математичного розрахунку показника загальної ефективності обладнання ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness) з подальшою розробкою програми розрахунку ОЕЕ. Під комплексом технічних засобів розуміють сукупність технічних пристроїв, взаємозв'язаних між собою для виконання виробничого технологічного процесу пакування. Наведено аналіз ієрархічної структури окремої функціональної модульної підсистеми для ФММ машини пакування дрібно-штучних харчових продуктів. Відповідно до запропонованого прикладу проведено оцінювання за допомогою показника ОЕЕ технологічного процесу ФММ подачі рулонного пакувального матеріалу. Розроблено схеми та моделі реалізації багатоступового покрокового багатокритеріального синтезу на прикладі ФММ подачі рулонного пакувального матеріалу для пакувальної машини із різними функціональними пристроями (ФП_і), обґрунтовано доцільність їх використання для різних критеріїв задачі оптимізації.

Також обґрунтовано використання критерію ОЕЕ, який має сукупні властивості і відображає узагальнену оцінку ФММ_і із максимумним (мінімумним) критерієм за принципом компромісу, що ґрунтується на ідеї оптимальності ФММ_і машини для пакування харчових продуктів, при додаванні до її складу кожного наступного функціонального модуля. Проведено оптимізаційний синтез структури машини та ФММ протягування плівки для пакування дрібно-штучних виробів. Розроблено підпрограму-таблицю ПП Excel для розв'язання задач оптимізаційного синтезу у напівавтоматизованому режимі для вибору компоновки модулів у пакувальному обладнанні. Результати теоретичних досліджень є адекватними реальним технологічним процесам, що підтверджено експериментальними дослідженнями.

Ключові слова: технологічний процес, оптимізаційний синтез, функціональний пристрій, функціональний мехатронний модуль, показник загальної ефективності обладнання.

Постановка проблеми. Для скорочення витрат, пов'язаних із проектуванням, виготовленням, обслуговуванням пакувальних машин, потрібно вміти розрахувати їх повну ефективність. Показник загальної ефективності обладнання ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness) враховує номінальну продуктивність обладнання час його роботи, оцінює ефективність за різними параметрами.

Структуру пакувальних машин можна навести сукупністю самостійно функціонуючих технічних систем — функціональні мехатронні модулі (ФММ), які складаються з окремих функціональних пристроїв (ФП) [1; 2] Технічна характеристика ФММ визначається типом, складом та якістю елементів і функціональних підсистем, що взаємодіють між собою і об'єднані в єдину технічну систему для пакування харчового продукту.

Мета дослідження: розроблення умов синтезу компонувань пакувальної машини на базі критеріальної оцінки окремих ФММ, об'єднаних двома основними групами оцінок, які розраховують програмою витрат.

Матеріали і методи. У процесі дослідження було проведено математико-статистичний аналіз технічних і технологічних характеристик основних функціональних модулів пакувальних машин. Застосовані методи математичного розрахунку складових ОЕЕ. Завдання полягало у розробленні програми розрахунку ОЕЕ, діалогове вікно якої наведено на рис. 1.

Під комплексом технічних засобів розуміють сукупність технічних пристроїв, взаємозв'язаних між собою для виконання виробничого технологічного процесу пакування.

Результати і обговорення. Здійснення оптимізаційного синтезу компонувань ПМ передбачає послідовне виконання ряду процедур, пов'язаних із ОЕЕ. Кожна з них полягає у розв'язанні певної локальної задачі, результати виконання якої є початковими даними для наступної [2—5]. Як приклад, наведемо аналіз ієрархічної структури окремої функціональної модульної підсистеми (рис. 2) для ФММ машини пакування дрібно-штучних харчових продуктів.

Програма розрахунку пакувального обладнання ОЕЕ - Excel

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Справка

Справка Отзывы и предложения Показать обучение Справка

ОЕЕ - програма розрахунку

Введіть свої дані у вільні клітинки та натисніть на сторінку, щоб обчислити показник ОЕЕ. Наведіть курсор на поля з червоними трикутниками для отримання додаткової інформації.

Період/обладнання	Введіть дату / часовий період / назву обладнання		Ви можете вказати в цьому полі дату, час та обладнання, що аналізується.	
Час	Tz	Загальний час роботи (текст)	22 хв	Введіть загальний час виготовлення пакованого продукту для ПМ за відповідний період (включая час формування 1 упаковки FlowPack - у звичайному).
	DTL'	Залповнені втрати ОЕЕ	2 хв	Залповнений вистрій включає будь-який очікуваний непродуктивний час, такий як планові відпочинки і обслуговування, світла тощо.
	DTL''	Незалповнені втрати ОЕЕ	1 хв	Неочікуваний вистрій включає в себе непродуктивний час, що пов'язано із збитками, спрощеними аваріями, модернізаціями чи змінами інструментів тощо.
	OT	Операційний час (A-B-C)	19 хв	
Доступність/Availability Rate	A=OT/(Tz-DTL')		95,00%	Введіть загальну кількість вироблених пакованих одиниць в аналізованому періоді.
продуктивність/Performance Rate	TP	Загальна виробнича продуктивність	200 шт	Введіть кількість одиниць за звичайну, яка повинна вироблятися, коли обладнання працює на номінальній швидкості.
	IRR	Ідеальний час роботи циклу	22 шт/хв	Введіть кількість браку або відходів частин, вироблених протягом відповідного періоду.
	PI	Відхилення/брак	3 шт	
Якість/Quality Rate =	Q=(TP-PI)/TP		98,50%	
результат	OEE	A Доступність	P продуктивність	Q якість
	44,77%	95,00%	47,85%	98,50%

Рис. 1. Узагальнена програма розрахунку ОЕЕ для ПМ харчових продуктів

Відповідно до запропонованого прикладу оцінювання OEE технологічного процесу, одним із перших починає працювати ФММ подачі рулонного пакувального матеріалу.

Враховуючи рекомендації [7; 8] щодо значення задовільного OEE для функціональних пристроїв пакувального обладнання, отримані розрахунки (рис. 2) дають можливість визначити оптимальну компоновку функціонального пристрою в структурі ФММ подачі рулонного пакувального матеріалу.

Принциповими особливостями процесів пакування харчових продуктів є кінематика, динаміка руху об'єкта та невизначеність витрат, термінів та інших параметрів (рис. 3).

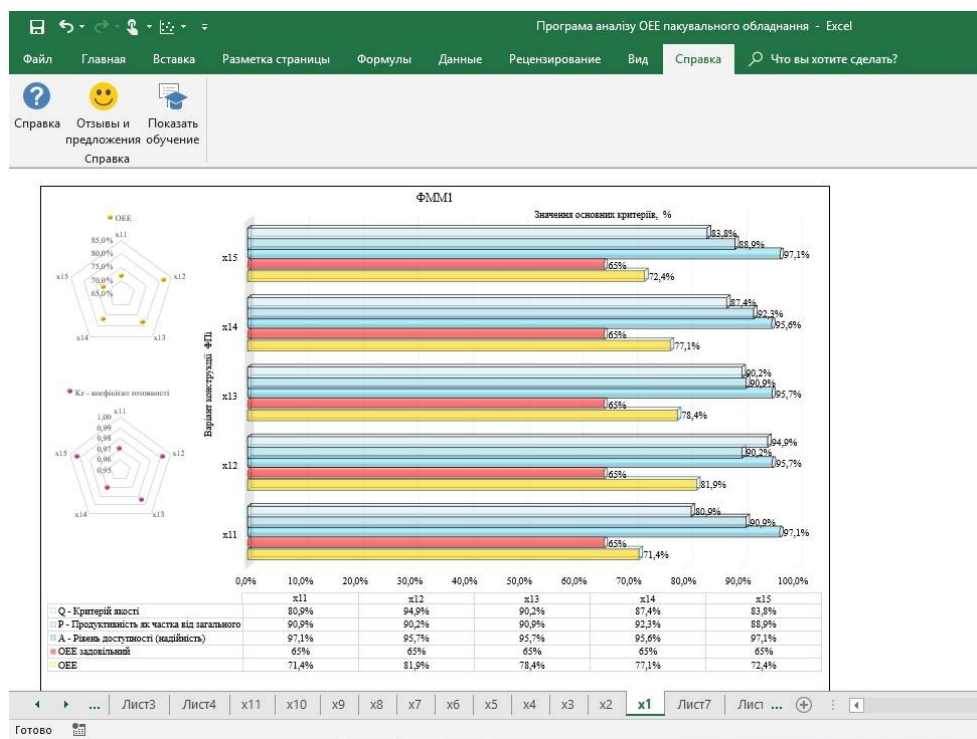


Рис. 2. Гістограма критеріальної оцінки ФП₁ у складі ФММ₁ — подачі рулонного пакувального матеріалу

Вектор $u(k)$ визначає керуючу дію на k -му етапі. Вектор $x(k)$ є елементом n -вимірного простору станів, який можна позначити через X_k , компонентами якого можуть бути як кількісні, так і якісні техніко-економічні характеристики ФММ у складі пакувальної машини:

$$x(k) \in X_k \quad (k = 0, 1, \dots, N). \quad (1)$$

Вектор $u(k)$ може набувати значень із деякої заданої підмножини U_k :

$$u(k) \in U_k \quad (k = 0, 1, \dots, N). \quad (2)$$

Керуюча дія буде пов'язана відношенням:

$$U(t) = S_i^j(t) \cdot E_i^j(t) \cdot I_i^j(t), \quad (3)$$

де $S_i^j(t)$, $E_i^j(t)$, $I_i^j(t)$ — матеріальна, енергетична й інформаційна дія при взаємодії i -го процесу або ФПС _{j} із сусіднім j -м процесом або функціональною підсистемою у момент часу t .

Управління станом можна подати як суму рівнянь:

$$U(t) = C(S_i^j) + C(E_i^j) + C(I_i^j), \quad (4)$$

де $C(S_i^j)$, $C(E_i^j)$, $C(I_i^j)$ — вартість множини затрат матеріального, енергетичного й інформаційного типів відповідно.

При цьому можуть бути враховані обмеження на вектор станів X_k та управління U_k , відповідно, набором нерівностей:

$$h_j(x(k), k) \geq 0 \quad (j = 1, \dots, s_k; k = 0, 1, \dots, N); \quad (5)$$

$$q_i(x(k), u(k), k) \geq 0 \quad (j = 1, \dots, m_k; k = 0, 1, \dots, N-1). \quad (6)$$

Обмеження можуть задаватися спільно на змінні управління і стани:

$$q_i(x(k), u(k), k) \geq 0 \quad (j = 1, \dots, m_k; k = 0, 1, \dots, N-1). \quad (7)$$

Принцип оптимальності Р. Беллмана [9; 10] може бути використаний для пошуку рішення (оптимального управління) на етапах синтезу ФММ із застосуванням кластерної бібліотеки ФП для пакувальної машини.

Для випадку, коли ФПС переходить із стану $x(0)$ у стан $x(k)$ за k кроків (етапів). Його можна записати у вигляді виразу:

$$f_{k-l}(X_{\text{ФПС}_l}) = \max_{U_{l+1}} \left[E_{l+1}(X_{\text{ФПС}_l}, U_{l+1}) + f_{k-(l+1)}(X_{\text{ФПС}_{l+1}}) \right], \quad (l = \overline{0, k-1}), \quad (8)$$

де $U_l = \{u_l(1), \dots, u_l(m)\}$ — рішення (управління), яке вибране на l -му кроці; $X_{\text{ФПС}_l} = \{x_l(1), \dots, x_l(m)\}$ — стан ФПС на l -му кроці; E_{l+1} — безпосередній ефект, який досягається на l -му кроці; f_{n-1} — оптимальне значення ефекту, який досягається за $k-l$ кроків; k — кількість кроків.

При визначенні кожного наступного значення функції f_{n-1} використовується значення функції $f_{n-(l+1)}$, отримане на попередньому кроці (етапі), й безпосереднє значення ефекту $E_{l+1}(X_{\text{ФПС}_l}, U_{l+1})$, яке досягається в результаті вибору рішення U_{l+1} при заданому стані системи $X_{\text{ФПС}_l}$. Процес підрахунків значень функції f_{n-1} ($l = \overline{0, k-1}$) здійснюється за початковою умовою $f_0(X_{\text{ФПС}_k}) = 0$, яка означає, що за межами кінцевого стану функціональної підсистеми виробу ефект дорівнює нулю.

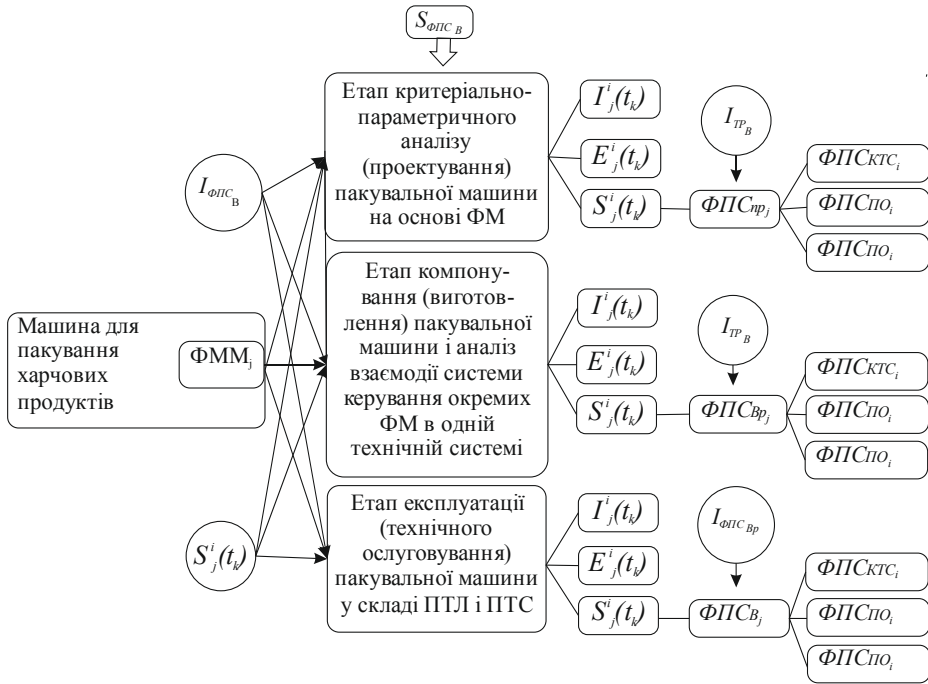


Рис. 3. Модель системи перетворень на етапах синтезу ФММ пакувальної машини: $ФПС_{Bj}$ — функціональна підсистема j -го ФММ; $ФПС_{врj}$ — функціональна підсистема виготовлення j -го ФММ; $ФПС_{прj}$ — функціональна підсистема проектування j -го ФММ; $I_{ТР_B}$ — інформація, що містить вимоги до ФММ; $I_{ФПС_{вр}}$ — інформація, що містить вимоги до функціональної підсистеми виготовлення ФММ; $I_{ФПС_B}$ — інформація, що містить вимоги до умов виготовлення й експлуатації; $S_j^i(t_k)$ — матеріали і комплектуючі для виготовлення; $S_{ФПС_B}$ — виготовлений ФММ (синтезований із кластерів ФП пакувального обладнання)

Для вирішення такої задачі потрібно розглянути прототип ФММ. За умовою проведення порівняльного аналізу з існуючим обладнанням змодельовано автоматичний функціональний пристрій (АФП), розроблений авторами (рис. 4). Як дослідні зразки прийнято рулон пакувального матеріалу, масою $m = 3$ кг; коефіцієнт тертя матеріалу по поверхні ролика $f_1 = 0,3$; ширина рулону — 300 мм; діаметр рулону — 75 мм; запланована продуктивність ФММ — 70 пак/хв. Параметрами оброблення були тривалість T операції перевантаження і траєкторія переміщення ролика (закріпленого на каретку пневмоциліндру), що оцінювалась по координатах x , y і куту натягу ϕ . Значення T_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) заносились до розрахункової таблиці. Кількістю вимірів задавались на основі попередніх досліджень і розрахунків ($n = 10$). Отримані й оброблені результати експерименту порівняно з результатами аналітичних розрахунків, причому за вихідні дані прийнято параметри, іден-

тичні експериментальним. Значення коефіцієнтів тертя пневмоцилідра, коефіцієнтів відновлення швидкості та міцнісні параметри упаковки визначались за відомими методиками [1; 9; 10]. Таким чином здійснено перевірку адекватності математичних моделей реальним процесам.

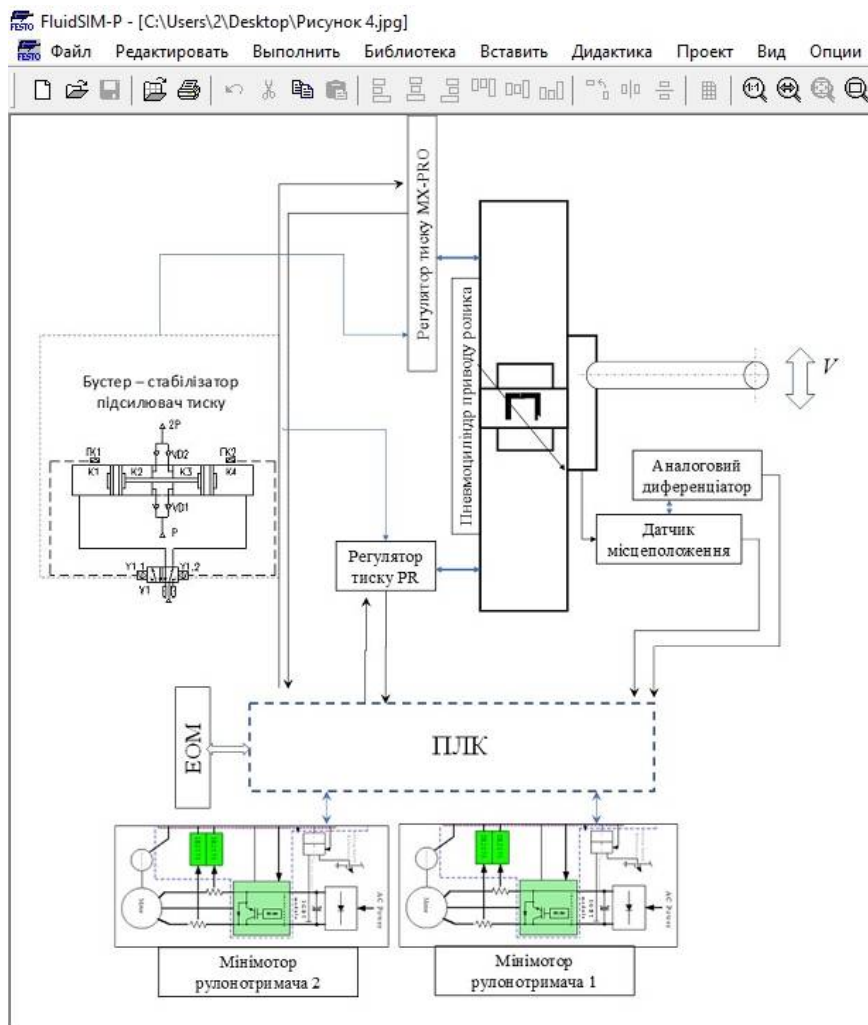


Рис. 4. Структурна схема стенда для експериментального дослідження ФММ подачі рулонного матеріалу в пакувальній машині

За умов, адекватних експерименту, розраховано тривалість операції переміщення каретки із натяжним роликком:

1. Експеримент 1, де $T_i = 0,65$ с. Тоді відносне відхилення тривалості операції, одержаної теоретичними дослідженнями, від експериментальних складає:

$$\delta_1 = \frac{0,71 - 0,65}{0,71} \cdot 100\% = 7,14\%.$$

2. Експеримент 2, де $T_i = 0,97$ с. Тоді відносно відхилення тривалості операції, одержаної теоретичними дослідженнями, від експериментальних складає:

$$\delta_1 = \frac{1,05 - 0,97}{1,05} \cdot 100\% = 7,61\%.$$

На експериментальному стенді (рис. 3) послідовно було проведено серію дослідів із відповідним навантаженням ФММ. Зокрема, в ході досліджень приймалися значення для магістрального тиску. В табл. наведені графіки зміни переміщення ролика натягування плівки від часу, в процесі його переміщення з робочою кареткою безштокового пневмоциліндра; графіки зміни тиску в робочих камерах пневмоциліндра при здійсненні робочого і холостого ходу; графіки зміни тиску на підвідній пневмомагістралі до ФММ із ФММ — пневматичного бустера (стабілізатора вхідного тиску з коефіцієнтом підсилення 2). Аналіз графіків показує, що характер зміни координати руху ролика, який визначався аналітично, відповідає реальному процесу перевантаження. Відхилення одержаних значень експериментальним шляхом від теоретичних не перевищували допустимі прийняті під час розв'язання подібних задач конструювання пакувальних машин (до 10...15%).

Таблиця. Аналіз результатів експерименту із результатами теоретичних досліджень

№п/п	Технологічна схема процесу пакування	Узагальнені характеристики навантаження ФММ _і
<p>Кінематичні та силові параметри операції подачі рулонного плівкового матеріалу за допомогою ФММ на основі безштокового пневмоциліндру (експеримент 1)</p>		<p>Зведена маса рулону $m = 3$ кг; хід до позиції зупинки по координаті $s = 300$ мм (при максимальному ході 400 мм); магістральний тиск повітря $P_M = 0,8$ МПа, амплітуда коливань тиску на пропорційному регуляторі MX-PRO A = 2,0; частота наданого імпульсу $n_j = 2,5$.</p> <p>Величина вхідного тиску на вході у пневматичний підсилювач (бустер) у межах до 0,4 МПа. Максимальне прискорення $\ddot{s} = 4,5$ м/с². Рівняння математичної моделі:</p> <p>Математико-статистична модель, адекватна реальному процесу має вигляд:</p> $t = 0,685 - 0,001 \cdot S - 0,003 \cdot m + + 0,015 \cdot S^2 - 0,007 \cdot m^2 + \dots + 0,009 \cdot f_{\text{тер}}^2 + 0,007 \cdot S \cdot m - 0,002 \cdot S \cdot f_{\text{тер}} + \dots + 0,008 \cdot m \cdot f_{\text{тер}}$ <p>Висновок. За критерієм Фішера рівняння математичної моделі є адекватним. Модель може бути використана для вирішення подібних завдань конструювання ФММ протягування плівки.</p>

Висновки

1. Розроблено схеми та моделі реалізації багатоетапного покрокового багатокритеріального синтезу на прикладі ФММ подачі рулонного пакувального матеріалу для пакувальної машини із різними ФП_j, обґрунтовано доцільність їх використання для різних критеріїв задачі оптимізації.

2. Обґрунтовано використання критерію ОЕЕ, який має сукупні властивості і відображає узагальнену оцінку ФММ_i із максимінним (мінімаксним) критерієм за принципом компромісу, який ґрунтується на ідеї оптимальності ФММ_i машини для пакування харчових продуктів, при додаванні до її складу кожного наступного функціонального модуля.

3. Проведено оптимізаційний синтез структури машини та ФММ протягування плівки для пакування дрібно-штучних виробів. Розроблено підпрограму-таблицю ПП Excel для розв'язання задач оптимізаційного синтезу у напівавтоматизованому режимі для вибору компоновки модулів у пакувальному обладнанні. Результати теоретичних досліджень є адекватними реальним технологічним процесам, що підтверджено експериментальними дослідженнями.

Література

1. Huang Samuel H. "Manufacturing Productivity improvement using effectiveness Metrics and simulation analysis". *Int. J. Production Res.* 2003. V. 41, No. 3. P. 513—527.
2. Som R.K. *The quality revolution*. University Press of America. NY. Practical sampling techniques. 2nd ed. Rev. and extended. Marcel Dekker, Inc. NY, 1996. P. 254—259.
3. Stamatis D.H. *Six sigma and beyond: Statistical process control*. St. Lucie Press. Boca Raton. FL. 2003. P. 125—132.
4. Mouradian, G. *Handbook of QS-9000: Tooling and equipment certification*. Society of Automotive Engineers. Inc.. Warrendale. PA. 2000. P. 136—147.
5. Кривопляс-Володіна Л.О., Гавва О.М. Інтегровані рішення компонувань пакувальних машин-автоматів у технологічних системах. Новітні технології пакування: XVI Науково-практична конференція молодих вчених. Додаток до журналу «Упаковка». Київ, 2017. С. 51—53.
6. Stamatis D. *Implementing the TE Supplement to QS-9000: The tooling and equipment supplier's handbook*. Quality Resources. New York. 1998. 245 p.
7. Tsarouhas P. Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. United Kingdom. 2007. V. 13, No. 1. P. 5—18. URL: <http://dx.doi.org/10.1108/13552510710735087>.
8. Jacobs J.H. Characterization of operational time variability using effective process times. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Eindhoven, 2003. V. 16, No. 3. P. 511—520. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/TSM.2003.815215>.
9. Busso C.M. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. *Produção*, São Paulo, 2013. V. 23, No. 2. P. 205—225.
10. Nelson P. "Evolutionary Programming to Improve Yield and Overall Equipment Effectiveness of casting industry". *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2007. No. 2(12). P. 1735—1742.

PECULIARITIES OF MASS-EXCHANGE PROCESSES IN ANAEROBIC GAS-LIQUID MEDIA

A. Shevchenko, A. Sokolenko, I. Vinnichenko, K. Vasylykivsky

National University of Food Technologies

Key words:

Gas-liquid medium

Gas-holding ability

Mass transfer

Carbon dioxide

Solubility

Circulating contour

Article history:

Received 13.09.2018

Received in revised form

01.10.2018

Accepted 22.10.2018

Corresponding author:

A. Shevchenko

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper deals with the peculiarities of mass-exchange processes in anaerobic gas-liquid culture media, in which the formation of a dissolved and dispersed CO₂ gas phase is the result of fermentation of sugars with the final result of the synthesis of ethyl alcohol. The material balance of such transformations corresponds to the Gay-Lussac equation. The formed CO₂ must enter the total flow to participate in the processes of carbon cycle. The latter relate to pressures in the gas phase of sealed vehicles, the potential of a swollen gas-liquid medium, the kinetic energy of circulation circuits, and potentials for gradients of saturation under hydrostatic pressures. The manifestation of the properties of a field in the form of hydrostatic pressure and power indices in accordance with the Archimedes law in this study is used to determine the motive factor in the creation of vertical circulatory contours. At the heart of such proposal lies the third law of the Newton, according to which for the regime of steady motion the equality of Archimedes forces and the forces of resistance of the medium are taken. The system with the self-generating of the gas phase in the full volume of the culture medium results in a growing gas-holding capacity in height, which, in turn, provides a growing energy potential. This means the presence of not only a full-circle vertical circular contour, but also the existence of lower-dimensional layers of contours.

The influence of geometrical parameters on the gas-holding capacity of media which correspond to the dependencies that are presented in the article is also presented. On the basis of the established regularities and phenomenological generalizations, the role of circular circuits for partial desaturation is shown as well as the creation of zones of non saturation of the liquid phase, which ensures the possibility of lowering the resistance of mass transfer on CO₂. The implementation of technical measures in the form of alternating pressures in the gas phase (and even in the full volume of the medium) is proposed to create periods of desaturation and possible saturation. The result of such changes is the possibility of processing medium with a high initial concentration of sugars and an increased final concentration of ethyl alcohol.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-16

ОСОБЛИВОСТІ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ В АНАЕРОБНИХ ГАЗОРІДИННИХ СЕРЕДОВИЩАХ

О.Ю. Шевченко, А.І. Соколенко, І.М. Вінніченко, К.В. Васильківський
Національний університет харчових технологій

У статті описано особливості масообмінних процесів в анаеробних газорідинних культуральних середовищах, в яких утворення розчиненої і диспергованої газової фази CO_2 є наслідком зброджування цукрів з кінцевим результатом синтезу етилового спирту. Матеріальний баланс таких перетворень відповідає рівнянню Гей-Люссака, за яким майже половина маси цукру витрачається на утворення інертного газу — діоксиду вуглецю, хімічна формула якого означає відсутність потенціалу хімічної енергії. Надалі утворений CO_2 має увійти в загальний потік для участі в процесах колообігу вуглецю. Однак умови ендогенного синтезу вуглецю в культуральних середовищах призводять до додаткових проявів з енергетичними ефектами. Останні стосуються тисків у газовій фазі герметизованих апаратів, потенціалів набухлого газорідинного середовища, кінетичної енергії циркуляційних контурів і потенціалів за градієнтами насичення в умовах гідростатичних тисків. Названі енергетичні прояви мають місце після досягнення станів насичення рідинної фази CO_2 від моменту утворення диспергованої газової фази, що супроводжується відповідними рівнями диспергованої газової фази у формі газових бульбашок. Прояв властивості гравітаційного поля у формі гідростатичного тиску і силових показників відповідно до закону Архімеда в цьому дослідженні використано для визначення рушійного фактора у створенні вертикальних циркуляційних контурів. В основі такої пропозиції лежить третій закон Ньютона, за яким для режиму усталеного руху прийнято рівність сил Архімеда і сил опору середовища. Це ж припущення підтверджується і в умовах перехідних процесів.

Система із самогенеруванням газової фази в повному об'ємі культурального середовища приводить до зростаючої по висоті газоутримувальної здатності, яка, у свою чергу, забезпечує зростаючий енергетичний потенціал. Це підтверджує існування не лише повнооб'ємного вертикального циркуляційного контуру, а й існування пошарових контурів менших масштабів.

Також наведені залежності, яким відповідають впливи геометричних параметрів на газоутримувальну здатність середовищ. На основі встановлених закономірностей і феноменологічних узагальнень показано роль циркуляційних контурів для часткової десатурації і створення зон ненасичення рідинної фази, що забезпечує можливість зниження опору масопередачі по CO_2 . Запропоновано виконання технічних заходів у формі змінних тисків у газовій фазі (а отже, і в повному об'ємі середовища) для створення періодів десатурації і можливої сатурації. Наслідком таких змін може бути переробка середовищ із підвищеною початковою концентрацією цукрів і підвищеною кінцевою концентрацією етилового спирту.

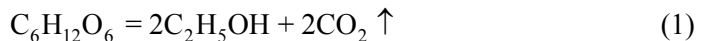
Ключові слова: газорідинне середовище, газоутримувальна здатність, масопередача, діоксид вуглецю, розчинність, циркуляційний контур.

Постановка проблеми. Швидкість перебігу технологічних процесів значною мірою визначається їх термодинамічними параметрами, фізичними властивостями рідинних і газових фаз, наявністю або відсутністю фазових переходів, співвідношеннями рушійних параметрів і параметрів опору масопередачі тощо.

Енергетичний рівень середовищ аеробного й анаеробного бродіння визначається показниками таких полів, як гравітаційне, теплове, гідростатичне, що доповнюється розчиненою і диспергованою газовими фазами. З точки зору інтересів інтенсифікації масообмінних процесів певним узагальненням може слугувати гідродинамічний стан газорідинного середовища, який, у свою чергу, визначається газотримувальною здатністю. Це стосується як аеробних, так і анаеробних процесів. У першому випадку газова фаза складається переважно з азоту й кисню в складі аераційного повітря з додаванням синтезованого CO₂, а в другому — виключно з діоксиду вуглецю [1—3].

Наявність диспергової газової фази означає збільшення загального об'єму середовища, що відповідає певному рівню потенціальної енергії і, одночасно, кінетичної енергії у зв'язку з виникненням замкнутих циркуляційних контурів. Останнє є відгуком систем на єдність проявів закономірностей гравітаційного поля і закону Архімеда, в яких у загальних випадках формуються механічні впливи у формі ударів, зсувів, вібрацій, гомогенізації середовищ, трансформації потенціальної енергії у кінетичну, теплову або енергетичні накопичення [4—6]. Акустичні впливи у формі квазіпружних коливань у сукупності рідинної і газової фаз супроводжуються ефектами акустичних хвиль і турбулентності, кавітації, кумулятивними явищами, автоколиваннями, капілярними ефектами, сонолізом тощо [7; 8].

Анаеробні і аеробні мікробіологічні процеси подібні за зовнішніми фізичними ознаками, однак з точки зору порівняння першопричин їх енергетичного забезпечення вони помітно відрізняються. Вхідний енергетичний потенціал анаеробних процесів представлений хімічною енергією розчинів цукрів, який під дією дріжджів трансформується в хімічну енергію спирту, енергію хімічних трансформацій і теплову енергію у відомому за Гей-Люссаком ланцюгу:



з відповідним енергетичним балансом:

$$2870 = (2640 + 61) + 169, \text{ кДж}, \quad (2)$$

записаним для одного моля глюкози [9].

За відсутності заперечень щодо записаних відображень матеріального і теплового балансів умовами (1) і (2) виникає необхідність пояснити наявність енергетичних потенціалів газорідинних середовищ у формі потенціальної енергії набухлого шару і кінетичної енергії циркуляційних контурів. Самогенерування CO₂ відбувається в повному об'ємі середовища, а показники газових потоків визначаються динамікою бродіння.

Метою дослідження є аналіз фізичного підґрунтя для пошуків новітніх засобів інтенсифікації масообмінних процесів у газорідинних анаеробних середовищах.

Методи дослідження. Використані феноменологічні узагальнення на основі відомих законів природи з математичною формалізацією взаємозв'язків між гідродинамічними, геометричними і термодинамічними параметрами середовищ.

Викладення основних результатів дослідження. Наближаючись до показників промислових технологій з орієнтиром кінцевого накопичення C_2H_5OH у кількості 8%об., приходимо до висновку про початкову масову концентрацію цукрів у 160 кг/м^3 . Якщо цикл зброджування складає 72 год, то середній показник динаміки зменшення концентрації цукру у 1 м^3 складе:

$$\frac{dm_{\text{ц}}}{dt} = 160 : 72 = 2,222 \text{ кг/год.} \quad (3)$$

Оскільки зброджування кожного кг цукру супроводжується синтезом CO_2 в кількості:

$$m_{CO_2} = \frac{1000 \cdot 88}{180} = 488,9 \text{ г} = 0,4889 \text{ кг}, \quad (4)$$

де 180 — молекулярна маса глюкози; 88 — подвоєна молекулярна маса діоксиду вуглецю. Тоді щогодини в 1 м^3 середовища буде синтезовано CO_2 у кількості:

$$m_{CO_2} = 0,4889 \frac{dm_{\text{ц}}}{dt} = 0,4889 \cdot 2,222 = 1,086 \text{ кг.} \quad (5)$$

Оскільки енергетичний потенціал газової фази в надрідинному об'ємі визначається добутком його тиску на об'єм і він генерується в об'ємі рідинної фази, то будемо вважати, що той потенціал у загальних оцінках належить системі. Його величина складе:

$$\begin{aligned} E_{\text{синт.}} &= PV_{CO_2} = m_{CO_2} RT = 0,086 \cdot 189 \cdot 303 = \\ &= 62134,7 \text{ Дж} = 62,1347 \text{ кДж/м}^3, \end{aligned} \quad (6)$$

де R — універсальна газова стала.

Тоді за весь цикл бродіння маємо:

$$E_{\text{синт.ц.}} = 72 E_{\text{синт.}} = 4474,6 \text{ кДж/м}^3. \quad (7)$$

Синтезований CO_2 , як і його потенціал, розподіляється на дві частини. Друга з них стосується розчиненого газу, максимальна кількість якого відповідає стану насичення рідинної фази відповідно до закону Генрі:

$$c_{\text{н}} = kP, \quad (8)$$

де $c_{\text{н}}$ — гранична концентрація розчиненого CO_2 , кг/м^3 ; k — константа Генрі, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{Па})$; P — парціальний тиск газової фази, Па.

Газова фаза за межею розчинності утворює диспергований масив газових бульбашок, який відповідно до закону Архімеда долає бар'єр рідинної фази і переходить у надрідинний газовий об'єм зі збільшенням тиску в останньому, якщо апарат є герметизованим. За іншої умови діоксид вуглецю передається у відповідні збірники або в атмосферу. Процес спливання диспергової газової фази означає наявність силової взаємодії між нею і рідинною фазою.

Якщо мати інформацію про газотримувальну здатність, то це означає можливість оцінювати сумарну силову дію у створенні циркуляційних контурів. За випадків герметизованих бродильних апаратів у технологіях вторинного зброджування виноматеріалів або в інших випадках динаміка зміни тиску P в газовому об'ємі відображає закономірності бродіння в системі. Так, кількість синтезованого CO_2 , що знаходиться в надрідинному об'ємі, визначається залежністю:

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{PV_g}{RT}, \quad (9)$$

де V_g – об'єм газової фази, а кількості розчиненого CO_2 відповідає умова:

$$m'_{\text{CO}_2} = kPV_p, \quad (10)$$

де V_p — об'єм рідинної фази в середовищі, якщо знехтувати гідростатичним тиском.

Урахування останнього приводить до рівняння виду:

$$m'_{\text{CO}_2} = k \left(P + \rho g \frac{H}{2} \right) V_p, \quad (11)$$

де ρ — питома маса рідинної фази, кг/м^3 ; g — прискорення вільного падіння, м/с^2 ; H — висота рідинного шару, м.

Наявності третьої складової газової фази відповідає газотримувальна здатність u у формі об'єму CO_2 , що одномоментно знаходиться в середовищі. Ця частина диспергованої газової фази знаходиться під дією тиску в надрідинній газовій фазі і, одночасно, гідростатичного тиску, тому його маса визначається залежністю:

$$m''_{\text{CO}_2} = \frac{u}{RT} \left(P + \rho g \frac{H}{2} \right), \text{ кг.} \quad (12)$$

Сумарна рушійна сила, що діє на дисперговану газову фазу в об'ємі газотримувальної здатності, визначається за законом Архімеда:

$$S_{\text{руш.}} = g\rho u, \text{ Н.} \quad (13)$$

Одночасно показник газотримувальної здатності визначає рівень потенціальної енергії набухлого шару середовища, оскільки приріст його висоти становить:

$$\Delta H = u / F, \text{ м,} \quad (14)$$

де F — площа поперечного перерізу середовища, м^2 .

Енергетичний потенціал від дії $S_{\text{руш.}}$ становить:

$$E_{\text{пот.}} = \rho g u \frac{\Delta H}{2}, \text{ Дж.} \quad (15)$$

Особливістю середовищ анаеробного бродіння є практично рівномірний масовий синтез CO_2 в усіх їх локальних зонах. Це призводить до нерівномірного розподілу диспергованої газової фази у вертикальному напрямку (рис. 1).

Якщо в першому наближенні вважати, що швидкість спливання диспергованої газової фази не змінюється по висоті, то для виділених зон 1, 2, 3 і 4 запишемо:

$$u = u_1 + u_2 + u_3 + u_4, \quad (16)$$

де u_1, u_2, u_3 і u_4 — газотримувальні здатності відповідних зон.

Очевидно, що для кожної із зон маємо можливість записати:

$$S_{1\text{руш.}} = g\rho u_1 < S_{2\text{руш.}} = g\rho u_2 < S_{3\text{руш.}} = g\rho u_3 < S_{4\text{руш.}} = g\rho u_4. \quad (17)$$

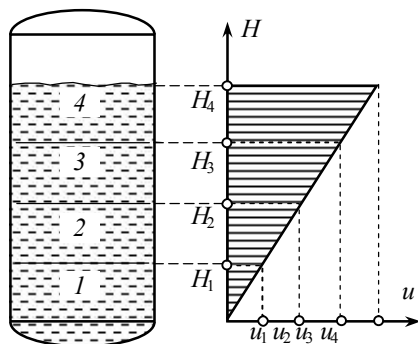


Рис. 1. Схема визначення висотного розподілу газотримувальної здатності за показником генерування CO₂

З останнього випливає, що повисотна гідродинаміка середовища відчутно змінюється, зростаючи за показником інтенсивності з висотою. Лінійне зростання газотримувальної здатності в системі відліку висоти H означає таке ж лінійне зростання рушійної сили, яка через дисперговану газову фазу передається на рідинне середовище. При цьому змінний характер газотримувальної здатності у випадку анаеробного бродіння має подвійну основу. Перша з них стосується повнооб'ємного самогенерування газової фази (умова (16)), а друга пов'язується зі зменшенням гідростатичних тисків у міру спливання газових бульбашок. Важливо, що вплив гідростатичного тиску також відповідає лінійному закону, однак зростання об'ємів диспергованої газової фази в ізотермічному процесі її розширення є нелінійним і відображується залежностями:

$$P_{\text{г.с.}} u_i = \text{const}; \quad \Delta u_{4-1} = u_1 \frac{P_{\text{г.с.1}}}{P_{\text{г.с.4}}}, \quad (18)$$

де Δu_{4-1} — приріст газотримувальної здатності на ділянці 1—4 за рахунок співвідношень гідростатичних тисків $P_{\text{г.с.1}}$ і $P_{\text{г.с.4}}$.

Робота розширення синтезованої газової фази в процесі її розширення в межах від середнього значення гідростатичного у сумі з тиском в газовій фазі до значення тиску в газовій фазі визначається за формулою:

$$l = (P_{\text{г.с.}} + P_0) u \ln \frac{P_{\text{г.с.}} + P_0}{P_0}. \quad (19)$$

У наведених співвідношеннях (13)—(19) газоутримувальна здатність виступає в ролі визначального параметра, який, у свою чергу, залежить від швидкості генерування CO₂, швидкості спливання газових бульбашок і геометричних параметрів газорідинного шару. Час перебування кожної газової бульбашки в середовищі залежить від фізико-хімічних властивостей останнього і визначається залежністю:

$$t_{(к)} = h/w, \text{ с}, \quad (20)$$

де h — висота газорідинного шару, м; w — швидкість спливання газової фази.

Тоді газоутримувальна здатність визначається умовою:

$$u = \frac{1}{\rho_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{dm_{\text{CO}_2}}{dt} t_{(к)} = \frac{1}{\rho_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{dm_{\text{CO}_2}}{dt} \cdot \frac{h}{w}, \text{ м}^3. \quad (21)$$

Ситуація при оцінці системи ускладнюється тим, що і швидкість спливання газової фази, і висота газорідинного шару також залежать від газоутримувальної здатності. Однак феноменологічні міркування приводять до висновку, що h і w зростають зі збільшенням останньої. Якщо прийняти гіпотезу про існування такого подвійного впливу, то подальші перетворення продовжимо у формі:

$$\begin{aligned} h = h_{\text{рід.}} + \frac{u}{F}; \quad u &= \frac{1}{\rho_{\text{CO}_2} w} \cdot \frac{dm_{\text{CO}_2}}{dt} \left(h_{\text{рід.}} + \frac{u}{F} \right) = \\ &= \frac{h_{\text{рід.}}}{\rho_{\text{CO}_2} w} \cdot \frac{\frac{dm_{\text{CO}_2}}{dt}}{1 - \frac{1}{\rho_{\text{CO}_2} w F} \cdot \frac{dm_{\text{CO}_2}}{dt}}. \end{aligned} \quad (22)$$

Остання залежність підтверджує вплив геометричних параметрів середовища у співвідношеннях $V_{\text{рід.}}$, $h_{\text{рід.}}$ і F на величину газоутримувальної здатності. Видно, що за інших рівних умов при оцінці ізооб'ємних середовищ у відповідних співвідношеннях $h_{\text{рід.}}$ і F зростання комплексу $h_{\text{рід.}}/F$ приводить до збільшення газоутримувальної здатності. Одночасно це означає збільшення силової взаємодії між газовою і рідинною фазами, енергетичного потенціалу набухлого шару, кінетичної енергії циркуляційних контурів тощо. Доцільність використання бродильної апаратури зі збільшеними значеннями співвідношення $h_{\text{рід.}}/F$ знайшла своє відображення в сучасних циліндроконічних апаратах для зброджування пивного суслу. Очевидно, що наведені в цьому дослідженні залежності відповідають процесам у зброджуваних середовищах з позитивним впливом гідростатичних тисків на розчинність і накопичення CO₂ в рідинній фазі. Однак для технологій анаеробного бродіння в галузі синтезу C₂H₅OH підвищення розчинності CO₂ не слід оцінювати позитивним наслідком, оскільки це призводить до обмеження інтенсивності масообміну по діоксиду вуглецю між дріжджовими клітинами і рідинною фазою середовища. З точки зору оцінки усталеного режиму бродіння наяв-

ність диспергованої газової фази і відповідна їй газотримувальна здатність мають, як було показано, вирішальне значення, оскільки саме вони забезпечують існування циркуляційних контурів поряд з часткою циркуляції, що створюється різницею температур між середовищем і системою охолодження. Збільшення висоти рідинного шару h , відповідно, гідростатичного тиску призводить до зростаючих градієнтів концентрації розчиненого CO_2 , що навіть без додаткових технічних надбудов спричиняє самопливну повисотну циркуляцію. Останнє, крім раніше зазначених позитивів, супроводжується важливим ефектом дестабілізації станів насичення рідинної фази діоксидом вуглецю. Перехідний процес від початку бродіння продовжується до моменту насичення рідинної фази, який перш за все досягається для верхніх шарів практично під впливом тиску в газовій фазі. Досягнення стану насичення означає початок утворення диспергованої газової фази. Поступово, з часом, ця зона зростає і нарешті відповідає повній висоті тепер уже газорідного середовища. Оскільки нижні шари останнього знаходяться під дією суми зовнішнього і гідростатичного тисків, то із заглибленням в газорідну фазу стала насичення зростає, а з нею і градієнт концентрацій. За відсутності вертикальної циркуляції таке співвідношення було б статичним і не на користь процесу бродіння, бо значення $c_n = const$ відповідає опору масо-передачі на межі поділу поверхні контактування між дріжджовими клітинами і рідинною фазою.

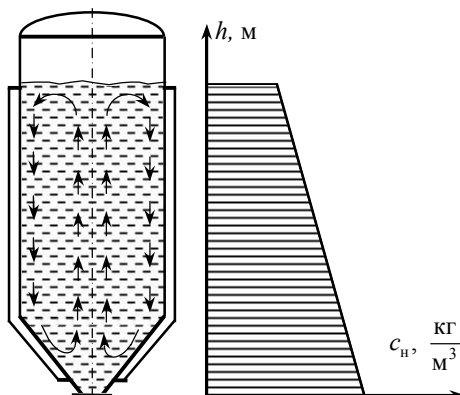


Рис. 2. Схема основного циркуляційного контуру бродильного апарата

Єдиною технічною можливістю вивести середовище з такого колапсового стану є збільшення тиску в системі. Однак очевидно, що цей показник має обмеження, у зв'язку з чим доцільно стати на шлях змінних тисків у газовому надрідинному об'ємі. Відмітимо, що за таких умов показники гідростатичних тисків залишаються незмінними. Проте саме гідростатичні тиски рідинної фази у взаємодії з вертикальними циркуляційними контурами призводять до створення локальних зон, в яких формуються умови для десатурації і сатурації (рис. 2). У висхідній зоні циркуляційного контуру зниження гідростатичного тиску призводить до активної десатурації, хоча рідинна фаза про-

довжує бути в стані насичення. З переходом частково десатурованої рідинної фази в опускну частину циркуляційного контуру досягається умова:

$$c_i < c_n, \quad (23)$$

де c_i – плинне значення концентрації розчиненого CO_2 .

До позитивного впливу зростаючого гідростатичного тиску додається збільшення сталої насичення за показником температури, яка зменшується в локальній зоні охолодження. Наявність сорочки охолодження на конічній частині бродильного апарата у зв'язку зі збільшенням співвідношення $F_{\text{ок.}}/V_{\text{ок.}}$ (де $F_{\text{ок.}}$ та $V_{\text{ок.}}$ — відповідно, поверхня і об'єм охолодження) динаміка охолодження цієї частини середовища зростає, як і розчинність CO_2 , на користь зменшення опору масопередачі та загальному результату. Наведена феноменологічна модель створення зон сатурації і десатурації середовищ не лише пояснює можливість реалізації процесів бродіння в стані насичення середовищ, а й додатково вказує на шлях детермінованих і відчутно підсилених заходів впливу за рахунок зміни тисків у надрідинних об'ємах. Це тим більш доцільно, що в завершальній стадії бродіння зі зменшенням рівня генерування CO_2 газоутримувальна здатність помітно обмежується. Разом з нею знижується інтенсивність циркуляційних контурів, зростає концентрація розчиненого CO_2 до рівня насичення, утворення зон локальної десатурації і сатурації не відбувається. Повернення середовища до стану продовження режиму сатурації можливе лише за рахунок підвищення тиску в газовому надрідинному об'ємі.

Детермінована система зі змінними програмованими тисками в надрідинному об'ємі має за перевагу ту обставину, що режими активної десатурації і сатурації відбуваються в повному об'ємі середовища. При цьому режим десатурації може бути достатньо швидкоплинним і обмеженим в часі, тоді як час, в якому середовище здатне до поглинання CO_2 , може бути більш подовженим і пов'язаним зі швидкістю його синтезу. Важливо, що швидкоплинний режим десатурації відбувається зі створенням енергетичного імпульсу на зразок того, що має місце в дискретно-імпульсних технологіях. Різде скидання тиску в обмеженому кількома секундами часі супроводжується активним утворенням диспергованої газової фази, підвищенням показника газоутримувальної здатності, енергетичним імпульсом, який супроводжується прискоренням рухомих мас у циркуляційних контурах. У першому наближенні приведено масу рідинної фази можна вважати наближеною до її повного фізичного значення. При цьому рушійному фактору відповідає комплекс $\rho_{\text{рід.}} g u$, який у цьому перехідному процесі буде змінним у зв'язку зі зростаючим значенням газоутримувальної здатності. Завершенню перехідного процесу відповідає досягнення планового мінімального тиску і максимальної величини u_{max} . Величина енергетичного імпульсу і рівень вилучення розчиненого CO_2 визначаються перепадами тиску ΔP , за якого маса вилученого CO_2 з кожної одиниці об'єму рідинної фази складе:

$$m_{\text{CO}_2} = k \Delta P, \text{ кг/м}^3 \quad (24)$$

і, відповідно, з повного об'єму рідинної фази:

$$m'_{\text{CO}_2} = k\Delta P V_{\text{рід.}}, \text{ кг.} \quad (25)$$

Важливо, що на величину десатурації гідростатичний тиск не впливає і при цьому сатураційні можливості середовища, пов'язані з подальшим підвищенням тиску у системі, також не залежать від гідростатичного тиску.

Подальше зростання сатураційної здатності також пов'язане з діапазоном подальшого підвищення тиску ΔP . Оскільки в режимі десатурації середовище продовжує перебувати в стані насичення, то це також є однією з причин його швидкоплинного перебігу. Перехідний процес підвищення тиску також доцільно мати швидкоплинним, тому об'єм газового надрідинного середовища має бути якомога меншим.

Змінні значення тисків мають додаткове фізико-хімічне супроводження, пов'язане зі змінами осмотичних тисків. Відповідно до принципу суперпозиції осмотичні тиски в зброджуваних середовищах утворюються розчиненими цукром, етиловим спиртом і діоксидом вуглецю. Від початку бродіння найбільша частка осмотичного тиску належить розчиненому цукру, а в міру перебігу процесу ця складова зменшується, а складова по спирту зростає зі збільшенням його концентрації аж до рівня критичної. Очевидно, що осмотичні тиски, які створюються діоксидом вуглецю, обмежуються його розчинністю, а залежність останньої від тиску в системі приводить до висновку про можливість осциляцій осмотичних тисків по цій складовій, оскільки це не стосується змін концентрацій інших розчинених речовин.

Звідси приходимо до висновку, що зниження тиску і десатурація синхронно знижують осмотичний тиск. Це означає можливість швидкоплинних змін останнього. Тож режим десатурації середовищ має потрібний позитивний ефект, створюваний енергетичним імпульсом зі зростаючою газотримувальною здатністю, зниженням концентрації CO_2 зі зменшенням опору масопередачі і зниженням осмотичного тиску. Позитивом режиму сатурації є переведення середовища до стану ненасичення зі зменшенням опору масопередачі. Однак відсутність процесу синтезу диспергованої газової фази при цьому слід віднести до негативного прояву, в часі існування якого циркуляційний контур буде створюватись лише за рахунок ефекту охолодження середовища.

Висновки

1. Розроблені математичні формалізації стосуються взаємозв'язків між динамікою зброджування цукрів, газотворенням, гідродинамічними параметрами диспергованої газової фази, енергетичними потенціалами газового середовища, диспергованої газової фази і розчиненого CO_2 .

2. Запропоновано рушійний фактор циркуляційних контурів визначати за величиною газотримувальної здатності на основі третього закону Ньютона і закону Архімеда.

3. Показано наявність взаємозв'язків між геометрією середовищ і газотримувальною здатністю у випадках систем з анаеробним генеруванням газової фази.

4. Розчинений діоксид вуглецю в культуральному середовищі має подвійну негативну дію. По-перше, в сукупності з розчиненими цукром і етиловим спиртом він створює свою частку осмотичного тиску, наближаючи систему до бактеріостатичного стану. По-друге, антимікробна дія пов'язана з приведенням рідинної фази до стану насичення на CO_2 , за якого опір масопередачі зростає до критичного рівня.

5. Десатурація середовища забезпечує обмеження осмотичних тисків за рахунок зниження фізичних тисків у середовищі, а подальше примусове підвищення їх забезпечує поновлення режиму сатурації та інтенсифікацію масообміну по CO_2 .

Література

1. Пирог Т.П. Загальна біологія. Київ: НУХТ, 2010. 632 с.
2. Губський Ю.Г. Біоорганічна хімія: підручник. Київ-Вінниця: Нова книга, 2007. 432 с.
3. Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Біофізика. Київ: Професіонал, 2004. 704 с.
4. Енергетичні потенціали газорідинних середовищ / Соколенко А.І. та ін. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2018. Т. 24, № 1. С. 102—118.
5. Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. Інтенсивні технології харчових виробництв. *Харчова і переробна промисловість*. 2008. № 4. С. 25—28.
6. Шевченко О.Ю. Динаміка перехідних процесів у системах анаеробного бродіння. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. Т. 23, № 6. С. 68—76.
7. Effect of turbulence on particle and bubble slip velocity // *Chemical Engineering Science* Volume 100, 30 August 2013, P. 120—136. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009250913002133> (дата звернення 20.09.2018).
8. A porous media model for CFD simulations of gas-liquid two-phase flow in rotating packed beds. *Chemical Engineering Science* Volume 189, 2 November 2018, P. 123—134. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009250918302902> (дата звернення 02.10.2018).
9. Кунце В. *Технология солода и пива*. Санкт-Петербург: Профессия, 2001. 912 с.

QUALITY CONTROL OF MEAT FUNCTIONAL CUTLETS

M. Paska, O. Masliichuk

*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies
Lviv*

Key words:

*Minced meat
Lupin flour
Inula
Minced semi-finished
products
Meat functional cutlets*

Article history:

Received 05.09.2018
Received in revised form
21.09.2018
Accepted 04.10.2018

Corresponding author:

M. Paska

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The nutrition of all population groups of Ukraine is an important agent that to a large extent determine the health of the nation. While solving the problem with the albumen shortage the main part as a raw material plays legumes. Having conducted series of studies we recommend to use lupin flour and inula in the technology of meat cut into semi-finished products for solving the problem with albumen shortage and complete rational nutrition. Food products must be high qualitative, correspond to meet state standarts and technical conditions.

The aim of the work is the analysis of the sensory indicators of meat functional cutlets and the toxicity of cutlets with 10% lupin flour and inula.

As for the control the recipe in accordance with GOST R-52675-2006 has been chosen. Sensority indicators of the meat functional cutlets are rated by a 5-point scale. The results are processed by the mathematical statistics method. According to "Methods for determining toxicity on laboratory animals" the white laboratory mice were fed during 10 days.

The tasting of the meat functional cutlets was held, the sensority characteristic were given, and the quality was determined in conditions in vivo.

The best sample was determined (№ 2 contains 10% of lupid flour and 0,05% of inula). While feeding mice with cutlets with 10% content of lupin flour and 0,05% of inula, it was established that during pathoanatomical dissection, macroscopic changes in the organs and tissues were not found. The weight of organs ($p < 0,05$) was in normal range and it confirms that this product can be included to the diet of humans.

It was found that meat functional cutlets are qualitative and can be included in the humans diet for solving the problems of protein deficiency. A patent was produced for this product and series of studies are continued for implementation in production.

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ М'ЯСНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОТЛЕТ

М.З. Паска, О.Б. Маслійчук

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Харчування всіх груп населення України є важливим фактором, що значною мірою визначає здоров'я нації. При вирішенні проблеми дефіциту білка велику роль відіграють зернобобові культури як сировини для його виробництва. Тож рекомендовано використовувати люпинове борошно та дивосил у технології м'ясних посічених напівфабрикатів для вирішення проблеми дефіциту білка та повноцінного раціонального харчування. Харчова продукція повинна бути якісною та відповідати вимогам державних стандартів і технічним умовам.

Метою дослідження є аналіз сенсорних показників м'ясних функціональних котлет та контроль токсичності котлет з 10-відсотковим вмістом люпинового борошна та дивосилу. Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання: розроблення рецептури та технологічної схеми виробництва МФК; оцінка сенсорних показників якості МФК; визначення токсичності МФК з 10-відсотковим вмістом люпинового борошна та дивосилу за умов згодовування білим мишам як основного корму протягом 10 днів; аналіз при патологоанатомічному розтині мишеї стану внутрішніх органів та аналіз гематологічних досліджень крові.

За контроль було обрано рецептуру згідно з ГОСТ Р 52675-2006. Сенсорні показники м'ясних функціональних котлет оцінені за 5-бальною шкалою. Результати оброблені методом математичної статистики. Білих лабораторних мишей годували протягом 10 днів за методикою визначення токсичності на лабораторних тваринах.

Визначено найкращий зразок (№ 2, що містить 10% люпинового борошна та 0,05% дивосилу). Після згодовування мишам котлет з 10-відсотковим вмістом люпинового борошна та 0,05% дивосилу при патологоанатомічному розтині макроскопічних змін в органах і тканинах не виявлено. Маса органів ($p < 0,05$) знаходиться в межах норми та підтверджує, що продукт можна включати в раціон харчування людей.

Встановлено, що м'ясні функціональні котлети відповідають якості та можуть використовувати у харчуванні людей при вирішенні проблеми білкового дефіциту. На продукцію виготовлено патент. Продовжуються дослідження для впровадження у виробництво.

Ключові слова: м'ясний фарш, люпинове борошно, дивосил, посічені напівфабрикати, м'ясні функціональні котлети.

Постановка проблеми. В Україні спостерігається проблема білкового дефіциту, тому пошук нових джерел повноцінного білка і впровадження нових видів продукції з високою харчовою цінністю є надзвичайно важли-

вим. М'ясні посічені напівфабрикати становлять велику частку в харчовому раціоні населення. Тож виробництво м'ясних функціональних котлет, що поєднують у рецептурі м'ясу сировину та білки рослинного походження, набуває особливої актуальності. Серед значної кількості сировини рослинного походження, що містить білок, особливе місце належить люпину. На Всесвітньому конгресі у США з проблем використання рослинних білків для харчових і кормових цілей ця рослина характеризувалася як важливий резерв білкових речовин високої якості [1]. У цілому використання насіння люпину в харчовій промисловості обмежене через наявність у ньому гірких і отруйних алкалоїдів. Проте на сьогодні вирощений білий люпин сортів «Харчовий», «Синій парус», «Олежка», «Володя», «Володимир». Головна особливість цих сортів полягає в тому, що білки не потребують термічної обробки, тому що не містять інгібіторів протеолітичних ферментів: трипсину та хімотрипсину, фітогемоглобінів, нейротоксинів та альфа-галактоз [1; 2].

На відміну від інших бобових культур, у насінні білого харчового люпину міститься 10...12% жирів, комплекс вітамінів, макро- і мікроелементи та інші біологічно активні речовини. Вони захищають організм від радіонуклідів і важких металів, а також прискорюють процес їхнього видалення. Харчові волокна цих сортів люпину, які містяться в переважній більшості в оболонці (80...88%), решта — в ядрі насіння (15...18%), є досить добрими ентеросорбентами радіонуклідів, стронцію, цезію та інших важких металів [2]. Ефект ентеросорбції вони виявляють також стосовно холестерину, жовчі та інших продуктів обміну. Тож зерно харчових сортів білого люпину доцільно використовувати у виробництві високобілкових продуктів дитячого, дієтичного та лікувально-профілактичного призначення.

Харчова продукція повинна відповідати вимогам якості державних стандартів, технічним умовам за сенсорними показниками та показниками безпечності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах, відповідно до вимог міжнародної системи самоконтролю (НАССР), особливе значення надається проблемі контролю якості і безпеки харчових продуктів [3].

Відомі розробки виготовлення м'ясних посічених напівфабрикатів, що включають внесення у фарш м'ясних екстрактів і порошків, субпродуктів або продуктів їх переробки, гідратованого соєвого білка, рослинних і біологічно активних добавок, харчових волокон, олії тощо. До недоліків цих розробок відносять складність рецептури приготування, недоступність інгредієнтів, низьку харчову та біологічну цінність продукції. Зокрема, у [4—6] описується введення в м'ясні січені напівфабрикати білкових компонентів, в основному соєвих концентратів, висівок, сироваток тощо.

Питанню контролю м'ясної продукції на вміст важких металів приділяють особливу увагу. Концентрації елементів алюмінію, миш'яку, кадмію, хрому, кобальту, міді, свинцю, ртуті, нікелю, селену і цинку потрапляють у м'ясо при забрудненні повітря і рослинності [7].

У Сербії та Іспанії проводять дослідження продуктів харчування на токсичність, виявляючи вміст Pb, Cd, Hg, As. З'ясовано, що наявність цих елементів

у продукції призводить до споживання дорослою людиною 72,30 мкг у день, As та Cd — 21,89 мкг та 11,51 мкг [8].

Ми скористалися аналізом сенсорних показників якості сировини та провели дослідження на білих мишах [9]. Визначення токсичності на живих організмах є найефективнішим методом перевірки нетоксичності та впровадження сировини у виробництво.

Мета дослідження: аналіз сенсорних показників МФК і контроль токсичності м'ясних функціональних котлет з 10-відсотковим вмістом люпинового борошна та дивосилу.

Матеріали і методи досліджень. За контроль було обрано рецептуру згідно з ГОСТ Р 52675-2006. Сенсорні показники МФК оцінені за 5-бальною шкалою. Дослідження проводилися на кафедрі технології м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. Результати оброблені методом математичної статистики.

Методи визначення токсичності готових 10% котлет за умов згодовуванням білим мишам як основного корму протягом 10 днів гематологічні дослідження наведено в [10].

Викладення основних результатів дослідження. Рецептури м'ясних функціональних котлет наведені в табл. 1. За контроль було обрано рецептуру згідно з ГОСТ Р 52675-2006.

Таблиця 1. Рецептури м'ясних функціональних котлет

Найменування сировини	Витрата сировини на 1 порцію, г					
	Котлети 5%		Котлети 10%		Котлети 15%	
	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто
Яловичина (котлетне м'ясо)	68,4	51,3	64,8	48,6	61,2	45,9
Борошно люпину	2,7	2,7	5,4	5,4	8,1	8,1
Жир-сирець	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Хліб пшеничний	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Сухарі панірувальні	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Цибуля ріпчаста	3,6	3,0	3,6	3,0	3,6	3,0
Перець чорний мелений	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Порошок дивосилу	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Сіль харчова	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Вода	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7
Маса напівфабрикату	—	100	—	100	—	100
Жир рослинний	7	7	7	7	7	7
Вихід готового продукту	—	75	—	75	—	75

Технологічну схему виробництва м'ясних функціональних котлет наведено на рис. 1.

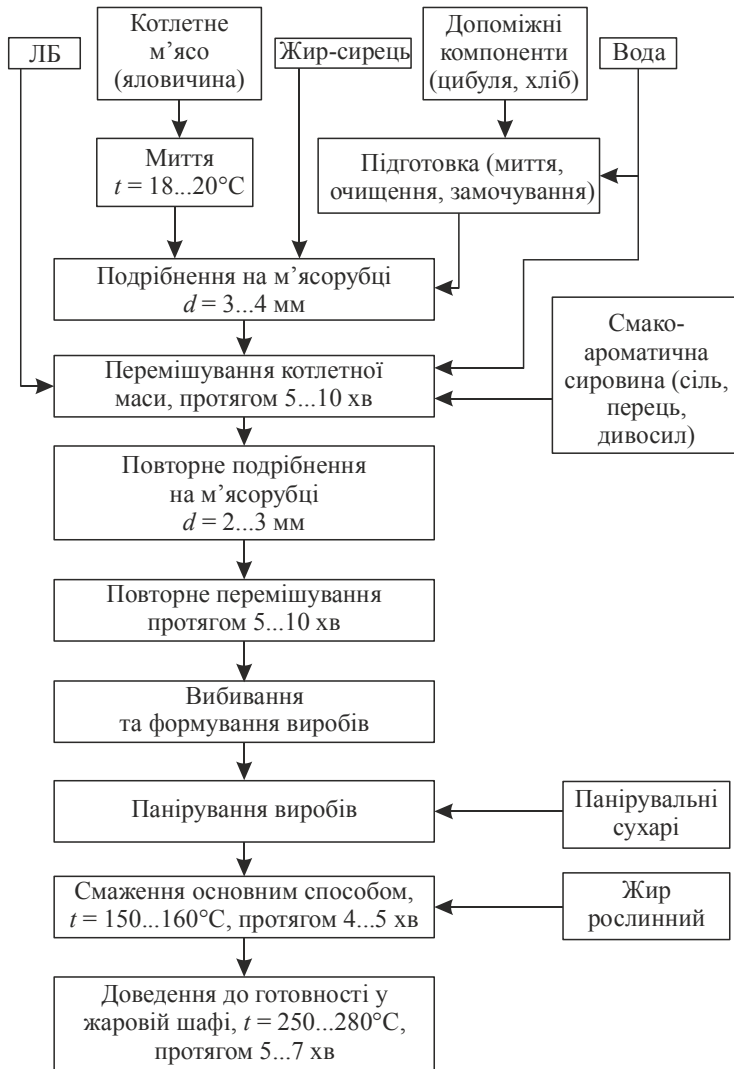


Рис. 1. Технологічна схема виробництва МФК

Характеристику контрольних і дослідних зразків м'ясних функціональних котлет наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Шкала органолептичних характеристик МФК

Показник	Бальна оцінка			
	Відмінно	Добре	Задовільно	Незадовільно
1	2	3	4	5
Зовнішній вигляд	Форма овально-приплюснута, панірування нанесено рівномірним шаром	Форма овально-приплюснута, панірування нанесено нерівномірним шаром	Форма злегка порушена, на поверхні наявні незначні вм'ятини та тріщини, панірування нанесено нерівномірним шаром	Форма не відповідає вимогам, краї «рвані», на поверхні наявні вм'ятини та тріщини, панірування нанесено нерівномірним шаром

1	2	3	4	5
Колір поверхні	Золотаво-коричневий, рівномірний, на розрізі однорідний, сірий	Золотаво-коричневий, місцями неоднорідний, на розрізі однорідний, сірий	Неоднорідний із коричневими ділянками, на розрізі однорідний, сірий	Неоднорідний із підгорілими ділянками, на розрізі нерівномірний, червоно-сірий
Запах	Відповідний сировинним компонентам	Відповідний сировинним компонентам	Відповідний сировинним компонентам, із легким стороннім запахом	Невідповідний сировинним компонентам
Консистенція	М'яка, ніжна, в міру пружна	М'яка, пружна	Надміру пружна або надміру м'яка	Дуже пружна або мазеподібна
Смак	Відповідний сировинним компонентам	Відповідний сировинним компонентам	Відповідний сировинним компонентам, із легким стороннім смаком	Невідповідний сировинним компонентам
Соковитість	Соковиті	Соковиті	В міру соковиті	Сухі, розсипчасті

Для органолептичної оцінки були обрані дослідні зразки яловичих котлет з додаванням люпинового борошна та дивосилу. Результати статистичної обробки результатів наведено у табл. 3, де відображено органолептичний аналіз дослідного продукту і його оцінка за категоріями.

Таблиця 3. Органолептичні показники м'ясних функціональних котлет

№ п/п	Назва продукту	Оцінка продукту за 5-бальною системою						Загальна оцінка в балах
		Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Консистенція	Смак	Соковитість	
1	Контроль	5,0	5,0	5,0	4,5	5,0	4,5	4,83
2	Зразок № 1	4,8	5,0	5,0	4,5	5,0	4,5	4,80
3	Зразок № 2	4,8	5,0	5,0	4,8	5,0	5,0	4,93
4	Зразок № 3	4,0	4,6	4,6	4,0	4,0	4,0	4,2

Встановлено, що отриманий продукт за рецептурою № 2 на смак, запах, колір, консистенцію відповідає контролю та за соковитістю найкращий і має високу оцінку.

На рис. 2 зображена органолептична оцінка МФК. З діаграми видно, що найкращі сенсорні характеристики має варіант № 2.

Встановлено, що найкращими сенсорними характеристиками володіє зразок № 2, що підтверджує доцільність впровадження даного виду у промислових масштабах. На рецептуру розроблено патент №118438 [11].

Визначення токсичності МФК проводилися у лабораторії фармакології та токсикології Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок (Львів, Україна).

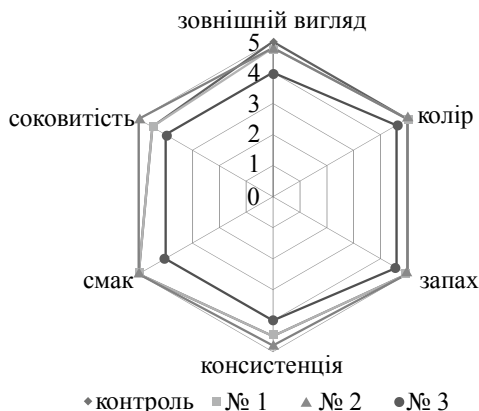


Рис. 2. Профілограми органолептичних показників МФК

Досліди проведено на білих мишах вагою 21—23 грами, які утримувалися у віварії лабораторії. Використовувалися відповідні методики за умов згодкування котлет з 10% люпинового борошна та дивосилу протягом 10 днів.

Протягом дослідження у мишей, що знаходились на стандартному раціоні (контрольна група), та у тварин, що отримували готові котлети, не відмічено змін у поведінці, тварини були активні, без ознак зовнішньої агресії. Збереженість тварин була на рівні 100%. При патологоанатомічному розтині макроскопічних змін в органах і тканинах не виявлено (рис. 3).



Рис. 3. Патологоанатомічний розтин піддослідної групи, що харчувалися МФК

У табл. 4 представлений аналіз внутрішніх органів контрольної та піддослідної груп.

Таблиця 4. Аналіз внутрішніх органів

Група		Печінка	Легені	Серце	Селезінка	Нирки	Маса тіла
1	2	3	4	5	6	7	8
Контрольна	1	0,92	0,50	0,07	0,09	0,32	22,2
	2	0,99	0,38	0,09	0,12	0,34	21,8
	3	0,92	0,28	0,11	0,19	0,36	19,5

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>M±m</i>		0,94±0,02	0,38±0,07	0,09±0,01	0,13±0,03	0,34±0,01	21,17±0,84
Дослідна	4	1,17	0,24	0,13	0,19	0,38	23,0
	5	1,04	0,21	0,10	0,15	0,25	20,0
	6	1,38	0,30	0,13	0,20	0,31	21,7
<i>M±m</i>		1,2±0,1	0,25±0,03	0,12±0,01	0,18±0,02	0,31±0,04	21,57±0,87
P		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05

У всіх внутрішніх органах зміни маси становлять $p < 0,05$, що в межах норми. Це свідчить про те, що продукція нетоксична.

Гематологічні дослідження проводили в лабораторії клініко-біологічних досліджень ДНДКІ ветеринарних препаратів і кормових добавок. Результати досліджень представлені у табл. 5—7, де № 1—3 — проби контрольної групи, № 4—6 — проби піддослідної групи мишей.

Таблиця 5. Морфологічні показники крові мишей

№ п/п проби	Еритроцити, Т/л	Гемоглобін, г/л	Гематокрит, %	МСН, Пг	МСН, г/дл	МСV, мкм ³	Тромбоцити, г/л
1	8,2	147	41	17,8	35,2	50,7	669
2	7,2	193	34	26,8	57,1	46,9	442
3	7,8	126	37	16,0	33,8	47,4	794
4	7,8	137	38	17,1	36,0	47,7	538
5	9,1	143	40	15,6	35,5	44,1	971
6	7,3	118	35	16,1	33,5	48,2	914

Таблиця 6. Вміст лейкоцитів і лейкограма крові мишей

№ п/п Проби	Лейкоцити, г/л	Лейкограма, %		
		Лімфоцити, %	Моноцити, %	Гранулоцити, %
1	8,4	69,8	10,5	19,7
2	8,2	64,7	9,0	26,3
3	7,8	71,0	11,0	18,0
4	8,9	66,3	11,2	22,5
5	5,9	75,7	6,1	18,2
6	5,8	76,2	13,2	10,6

Таблиця 7. Біохімічні показники сироватки крові мишей

№ п/п проби	Загальний білок, г/л	Креатинін, мкмоль/л	Сечовина, ммоль/л	АсАт, Од/л	АлАт, Од/л	ЛФ, Од/л	Альфа-амілаза, Од/л	Глюкоза, ммоль/л
1	6,07	46,9	7,6	243,2	52,6	663,5	1652	5,40
2	6,45	48,5	6,3	237,6	48,6	258,6	2113	5,16
3	7,10	42,7	8,5	227,7	55,1	443,9	1821	4,67
4	6,02	37,7	8,8	255,5	61,1	479,5	2075	4,47
5	5,25	47,7	8,5	253,1	52,3	385,1	1781	5,08
6	5,47	41,8	7,9	275,1	49,7	516,6	1943	6,29

Результати гематологічних досліджень після 10-денного згодовування котлет у межах норми. Тож продукція немає негативного впливу на організм

мишей. Згідно з методикою визначення токсичності на лабораторних тваринах котлети з 10-відсотковим вмістом люпинового борошна та дивосилом можна вважати нетоксичними.

Висновки

Розроблено рецептури та технологічну схему виробництва м'ясних функціональних котлет. Методом дегустації за сенсорними показниками визначено найбільш якісний зразок № 2. Проведено згодовування мишам зразка № 2 — котлети з 10-відсотковим вмістом люпинового борошна та дивосилу. Визначено, що при патологоанатомічному розтині макроскопічних змін в органах і тканинах не виявлено, $p < 0,05$, що в межах норми. Отримано результати гематологічних досліджень крові мишей, а саме: морфологічні показники, вміст лейкоцитів і лейкограма, біохімічні показники, які підтверджують, що продукт має відповідну якість, тож його можна включати в раціон харчування людей.

Література

1. Арсеньєва Л.Ю., Бондар Н.П., Головченко О.В. Використання насіння люпину для виробництва високобілкових харчових продуктів. *Вісник ДонДУЕТ*. 2003. № 1(17). С. 79—83.
2. Паска М.З., Маслійчук О.Б. Люпинове борошно — високобілковий збагачувач харчових продуктів. *Продовольча індустрія АПК*. 2015. № 6. С. 37—40.
3. Markovych I., Markovych I., Basarab I. Elaboration of production technology of semi-smoked sausages using lentil flour, thyme and juniper. *“EUREKA: Life Science”*. 2016. No. 4. P. 3—8.
4. Shurduk I., Serik M., Antonenko S., Fedak N. Effect of protein and mineral additive on consumer characteristics of meat emulsion products. *Ukrainian Food Journal*. 2014. No. 3(4). P. 524—534.
5. Golovko M., Serik M., Golovko T., Polupan V. Microstructural characteristics of minced meat products from use of protein-mineral additive. *Ukrainian Food Journal*. 2014. No. 3(2). P. 243.
6. Isolation and identification of a whey protein-sourced calcium-binding tripeptide / L. Zhao, X. Cai, Sh. Huang, Sh. Wang, Y. Huang, J. Hong, P. Rao. *International Dairy Journal*. 2015. No. 40. P. 16—23.
7. Concentration of fructose in blood and feed of homebred animals in Southern Serbia / D. Popovich, T. Bozic, J. Stevanovic and oll. *Environmental Science and Pollution Research*. 2010. No. 17. P. 1119—1128.
8. Škrbić, B., Živančev J., Mrmoš N. Concentrations of arsenic, cadmium and lead in selected foodstuffs from Serbian market basket: Estimated intake by the population from the Serbia. *Food and Chemical Toxicology*. 2013. No. 58. P. 440—448.
9. Доклінічні дослідження ветеринарних лікарських засобів / І.Я. Коцюмбас, О.Г. Малик, І.П. Патерега та ін.; За ред. І.Я. Коцюмбаса. Львів: Тріада плюс. 2006. 360с.
10. Paska M., Drachuk U., Masliichuk O., Vovk V. Determination of toxicity of chopped meat-based semi-products in vivo. *“EUREKA: Life Sciences”*. 2017. No. 5. P. 152—158.

SPECIFICATIONS OF CREATING THE COMBINED FROZEN HALF-PRODUCTS OF FRUIT AND BERRIES

G. Simakhina

National University of Food Technologies

Key words:

Fruit

Berries

Composition

Radioprotectory action

Bioflavonoids

Algorithm

Article history:

Received 07.09.2018

Received in revised form

26.09.2018

Accepted 08.10.2018

Corresponding author:

G. Simakhina

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

Nutrition in extreme conditions of life attains the special importance. It needs the increased concentrations of all the necessary nutrients, including first of all vitamins and some other biologically active substances. Fruit and berries are the main source of these substances; moreover, wild raw materials usually exceed the cultural sorts by content of the majority of biocomponents. Preservation of this kind of raw with usage of low temperatures would allow obtaining the half products with gained biological value, which are irreplaceable in nutrition of special contingents.

The results of our theoretical and experimental researches showed the effectiveness of combining in a certain frozen half product various fruit and berry cultures, compatible with their technological indices and natural set of biocomponents, from the viewpoint of their synergism. Therefore, it is possible to elaborate the half products with different functional destination (adaptogenous, immunomodulating, radioprotective, disintoxication etc.). For example, we proved scientifically the combination of guelder, aronia, and blackberries within the framework of our research. We also formulated the algorithm of prognostication, obtaining and usage of the half products, and gave comments to each of its component.

The main conclusion of this work is that the well-grounded approach to the fruit and berry composition on all stages of its elaboration is the warranty of its forecast functionality, absolute safety, and wide demand in consumers. The novelty of this research is the preference to use not the separate biological objects, but their compositions whose components are able to potentiate each other's effect both in obtained products and in alimentary canal in order to impact the life processes positively.

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ КОМБІНОВАНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Г.О. Сімахіна

Національний університет харчових технологій

В екстремальних умовах життєдіяльності харчування набуває особливого значення. Воно потребує підвищених концентрацій необхідних для організму нутрієнтів, передусім вітамінів та інших біологічно активних речовин. Основним їх джерелом є культивовані й дикорослі плоди та ягоди, причому дикоросла сировина, зазвичай, переважає культурні сорти за вмістом більшої частини біокомпонентів. Консервування цієї сировини з використанням низьких температур дає можливість отримати напівфабрикати підвищеної біологічної цінності, незамінні у раціонах харчування спецконтингентів.

Результати виконаних нами теоретичних та експериментальних досліджень показали ефективність поєднання у складі заморожених напівфабрикатів різних плодово-ягідних культур, сумісних за своїми технологічними показниками, природним набором біокомпонентів із точки зору синергізму їхньої дії. Таким чином можна створити напівфабрикати різного функціонального спрямування — адаптогенного, імуномодулюючого, радіопротекторного, дезінтоксикаційного тощо. Наприклад, у межах виконання цього дослідження науково обґрунтовано створення композицій із плодів калини та аронії чорноплодної і ягід ожжини. Сформульовано також алгоритм прогнозування, отримання та використання напівфабрикатів, дано коментарі до кожної його складової.

Висновком за результатами виконаного дослідження є те, що ґрунтовний підхід до створення композиційної плодово-ягідної суміші — гарантія її прогнозованої функціональності, абсолютної безпеки і широкого попиту у споживачів. Новим у цих дослідженнях є надання переваги використанню не окремих біооб'єктів, а їхніх композицій, складові яких здатні потенціювати дію одна одної як у складі отриманих продуктів, так і на рівні шлунково-кишкового тракту, справляючи різнобічні позитивні ефекти.

Ключові слова: *плоди, ягоди, композиція, радіопротекторна дія, біофлавоноїди, алгоритм.*

Постановка проблеми. Істотне місце у системі заходів зі збереження, підтримання та розвитку потенціалу популяційного та індивідуального здоров'я населення України, поряд зі способом життя, традиціями, соціально-економічним становищем, посідає харчовий статус. Якщо харчовий раціон збалансований та адекватний нутрієнтним потребам людини, відповідає вимогам медичної науки і водночас враховує національні традиції та звички, то він сприятиме і забезпечуватиме як підтримання, так і збільшення потенціалу здоров'я. Такий харчовий раціон сьогодні має статус здорового харчування.

Саме за рахунок здорового харчування можна значно поліпшити роботу різних органів та систем організму людини, підвищити його стійкість до впливу іонізуючого випромінювання, дії токсичних речовин та інших негативних чинників довкілля, в тому числі психоемоційних, що є особливо важливим для життєдіяльності спецконтингентів — військовослужбовців, рятувальників, спортсменів тощо [1].

У структурі здорового харчування вирішальну роль відіграє плодово-ягідна сировина як джерело вітамінів та інших біологічно активних речовин [2]. Тому питання збільшення виробництва харчових продуктів на основі цієї сировини, поліпшення їхньої якості, харчової цінності та смакових характеристик є надзвичайно актуальним. Світовий досвід переконливо свідчить про те, що єдиним способом перероблення плодово-ягідної сировини, який забезпечує практично повне збереження усіх цінних біокомпонентів, є використання низькотемпературних впливів [3].

Необмежене поле діяльності у вирішенні проблеми збільшення випуску напівфабрикатів науковці знаходять серед дикорослої плодово-ягідної сировини. Вона поки що є нетрадиційною для виробництва продуктів оздоровчого, профілактичного, лікувального призначення. Однак спектр її застосування у харчовій промисловості поступово розширюється, особливо у виробництві безалкогольних, слабоалкогольних, соковмісних напоїв, заморожених напівфабрикатів тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Практично все населення України перебуває під постійним впливом малих і надмалих доз радіоактивного опромінення, яке викликає набагато серйозніші наслідки, ніж високі дози короткочасного опромінення. І на основі того, що відомо на сьогодні, можна говорити про високу активність малих і надмалих доз. Так, у [4] показано, що надмалі дози опромінення викликають розриви в молекулах ДНК, впливаючи на геном людини. У зв'язку з цим варто виділити один із чинників, що впливає на стан здоров'я людини і популяції та здатний захистити організм від ендо- та екзогенних забруднювачів, — чинник харчування.

Усе, окрім кисню, людина для своєї життєдіяльності отримує з їжі та води. Їжа в процесі споживання перетворюється із зовнішнього на внутрішній чинник, і її компоненти в ланцюжку послідовних перетворень трансформуються в енергію фізіологічних функцій та структурні елементи органів і тканин організму людини [5]. В сучасних умовах очевидним є два відносно самостійні аспекти взаємозв'язку харчування і процесів біотрансформації компонентів їжі та чужорідних сполук (контамінантів) в організмі людини. Один із цих аспектів полягає в тому, що їжа є не лише носієм пластичних та енергетичних матеріалів, а й джерелом компонентів неаліментарного (нехарчового) характеру, серед яких немало сполук природного або антропогенного походження [6]. Водночас хімічний склад їжі як у традиційному її розумінні (вміст харчових та біологічно активних речовин), так і з урахуванням неаліментарних компонентів, справляє регульований вплив на всі системи живого організму, що відповідають за транспорт, метаболізм, знезараження та елімінацію ксенобіотиків. Ось чому проблема їх виведення з організму — одна з найважливіших для населення України. Тому у сфері інноваційних технологій необхід-

ним є розвиток ґрунтовних досліджень з пошуку нових природних джерел для отримання широкого спектра функціональних інгредієнтів і продуктів радіопротекторної дії для безпосереднього використання, а також для збагачення традиційних харчових середовищ.

Літературні дані, наведені різними авторами, свідчать про багатий біокомпонентний склад дикорослих плодів і ягід. Так, плоди аронії чорноплідної, глоду багаті на каротиноїди, антоціани, вітаміни, мінеральні елементи, вітамін РР. Останній бере участь у реакціях клітинного обміну, в білковому обміні і підвищує ступінь використання в організмі рослинних білків, нормалізує секреторну функцію шлунка тощо [7]. За даними [8], плоди аронії містять близько 45 мг% вітаміну С, 7% фенольних сполук, у тому числі близько 2 % флавоноїдів. Наші дослідження [9] підтвердили результати інших авторів щодо доцільності використання дикорослих плодів і ягід як джерела аскорбінової кислоти (аронія чорноплідна — 120...130 мг%, ожина — 60...70 мг%, калина — 35...40 мг%); біофлавоноїдів (відповідно 2466 мг%, 2447 мг%, 1345 мг%).

Наведені дані стосовно рослинних об'єктів як джерел вітамінів та інших БАР необхідно пов'язувати з їхнім впливом на функціонування організму. Тому повністю погоджуємось із твердженням Айзека Азімова: «Першим серйозним досягненням медицини стало визнання лікарями факту, що однією із заборук здоров'я є проста і збалансована дієта» [10].

І у вирішенні цієї проблеми важливу роль відіграє плодово-ягідна сировина, єдиним недоліком якої є сезонність її вирощування та необхідність пошуку найефективніших методів консервування. Учені, які працюють у цьому напрямі, єдині в одному: таким методом є заморожування сировини [3; 11]. Для створення оптимальних за складом композиційних сумішей, призначених для заморожування, з урахуванням направленості дії окремих біокомпонентів та дотримання їх необхідних співвідношень, доцільно скористатись загальними принципами харчової комбінаторики [12]: безпека та доброякісність, достатність та пріоритет використання, сумісність, кінцевий контроль. Про досконалість цих принципів та їх практичну реалізацію свідчать дослідження вітчизняних учених [13; 14], і тому подальше їх впровадження сприятиме підвищенню якості розроблених продуктів, їхньої безпеки та ефективності.

Мета дослідження: науково обґрунтувати вибір плодово-ягідних культур за їхніми технологічними характеристиками та синергізмом дії основних біокомпонентів і створити композиції заморожених напівфабрикатів для осіб, що перебувають в екстремальних умовах життєдіяльності.

Викладення основних результатів дослідження. За аналогією з фітопрепаратами, заморожені напівфабрикати віднесемо до простих, якщо до їхнього складу входять плоди чи ягоди одного сорту (виду), та складних, що являють собою суміш декількох видів плодів і ягід. Розглянемо послідовність дій при створенні складних плодово-ягідних напівфабрикатів радіопротекторної дії. Обрана сировина обов'язково повинна містити в достатніх концентраціях компоненти, які запобігають накопиченню радіонуклідів та прискорюють їх виведення з організму, захищаючи його від невеликих доз постійного і, як уже зазначали, надзвичайно шкідливого радіоактивного опромінення.

Інтерес до дикорослих плодово-ягідних рослин, що поновився в останні роки, спонукає дослідників звертати увагу на спектр такої сировини переважно вітчизняної флори. Наукові дослідження в галузі хіміко-фармацевтичних наук, нутриціології, фармаконутриціології, харчової хімії, використання ресурсоощадних, високоефективних технологій і наявність обладнання дає можливість створювати все досконаліші науково обґрунтовані композиції з доведеним позитивним впливом на певні органи та функції організму людини, в цьому разі таким, який здатен захищати клітини живого організму від радіоактивних уражень та інших несприятливих чинників довкілля.

Науково обґрунтований вибір плодів та ягід для майбутньої композиційної суміші заморожених напівфабрикатів повинен урахувувати й відмінності в структурі покривних тканин об'єктів дослідження, які априорі можуть впливати на особливості заморожування матеріалів. У ботаніці залежно від компонентів, які формують склад захисних покривних тканин рослини, запропоновано таку класифікацію [15]: рослини з ніжною покривною тканиною і міжклітинниками (1-а група) й товстостінні зі щільною покривною тканиною без міжклітинників (2-а група). Відповідно до цієї класифікації, ми віднесли до 1-ї групи культивовані та дикорослі плоди і ягоди малини, суниці, смородини чорної, порічки червоної, чорниці тощо, а до 2-ї (зі щільною покривною тканиною) — плоди калини та аронії чорноплідної, ягоди ожини, журавлини, терену, агрусу.

Оскільки, за результатами виконаних нами досліджень, структура покривних тканин істотно впливає на здатність біооб'єктів до холодкових адаптацій [16; 17], то склад сумішей доцільно формувати із плодів та ягід, що належать до 1-ї або 2-ї груп. Тому подальші дослідження проводили на плодах калини та аронії чорноплідної і ягодах ожини.

При формуванні комплексу плодів та ягід для заморожених напівфабрикатів урахувували також, що надходження енергії в організм людини регулюється складною системою, фізіологічними проявами якої є апетит й органолептичні характеристики продуктів, передусім смак і колір. Відомо, що смакові властивості плодово-ягідної сировини визначаються оптимальним співвідношенням вмісту цукрів та органічних кислот — глюкоацидометричним індексом. За даними [9], для аронії чорноплідної він становить 7,96; для ожини — 7,05; для калини — 5,5. Загалом цей показник для скомпонованої суміші, в якій усі складники взято у рівних співвідношеннях, становить 6,84, що входить до діапазону його оптимальних значень. Кольору обраним видам плодів та ягід надають антоціани.

При створенні композицій необхідно обирати ті сировинні матеріали, біохімічний склад і фармакологічна активність яких не викликають сумнівів, а також проводити експерименти із з'ясування концентрації тих біокомпонентів, які виявляють виражений радіопротекторний ефект: біофлавоноїдів, аскорбінової кислоти, каротиноїдів, пектинових речовин, органічних кислот, кальцію. Тому дослідженню саме цих нутрієнтів і приділено основну увагу. За стандартними методиками визначили їхній вміст у сировині. Результати зведено до таблиці.

Таблиця. Вміст основних біокомпонентів у плодово-ягідній сировині, $P \geq 0,95$; $n = 3$

Дослідні зразки	Біофлавоноїди, мг%	Вітамін С, мг%	Каротиноїди, мг%	Органічні кислоти, в перерахунку на яблучну, %	Пектинові речовини, %
Плоди калини	1626,0	29,25	1,4	0,96	2,2
Плоди аронії чорноплідної	1912,0	97,7	3,2	1,34	1,65
Ягоди ожини	2120,0	76,1	2,6	1,25	2,8

Зважаючи на те, що ягоди ожини містять максимальну кількість біофлавоноїдів і пектинових речовин, значні концентрації вітаміну С та органічних кислот, обрано такий склад плодово-ягідної суміші для отримання заморожених напівфабрикатів: ягоди ожини — 40%; плоди калини — 30%; плоди аронії чорноплідної — 30%.

Враховуючи високий вміст у цих рослинах біофлавоноїдів, аскорбінової кислоти, каротиноїдів, пектинових речовин, які діють синергічно, прогнозуємо їхній істотний антитоксичний ефект на організм людини [18], постачання його необхідними біокомпонентами. Пектинові речовини та органічні кислоти захищають клітини при заморожуванні, зберігаючи їхню цілісність та якість отриманих композицій.

Відповідно до даних таблиці, сировина містить значні концентрації біофлавоноїдів (від 1626 до 2120 мг%), вітаміну С, особливо в ягодах ожини та плодах аронії чорноплідної. Вміст каротиноїдів незначний (від 1,4 до 3,2 мг%), однак завдяки великій кількості подвійних зв'язків вони беруть активну участь в окислювально-відновних процесах [19].

У подальших дослідженнях сформульовано алгоритм прогнозування, отримання та використання напівфабрикатів, дано коментарі до кожної його складової.

Блок 1. Постановка мети розроблення напівфабрикату. Відповідно до блоку 1, поставлено за мету отримати заморожений напівфабрикат із плодово-ягідних культур для цілорічного постачання населення України високо-вітамінною продукцією, компоненти якої мають радіопротекторні властивості і включатимуться до системи захисту живого організму від невеликих доз постійного опромінення.

Блок 2. Аналіз напівфабрикату за сукупністю параметрів, що визначають його ефективність. Передбачає підбір багатокомпонентних рослинних матеріалів. Їхні складові повинні взаємно доповнювати одна одну, потенціуючи дію біологічно активних речовин (вітамінів, поліфенольних сполук, каротиноїдів, мінеральних елементів, органічних кислот, пектинових речовин тощо).

Блок 3. Встановлення переваг біологічної активності та поліфункціональності напівфабрикату. У межах реалізації блоку 3 даного алгоритму встановлюємо переваги майбутньої композиції на підставі аналізу біохімічного складу її компонентів, їхньої біологічної активності та поліфункціональності.

Блок 4. *Виявлення можливих недоліків напівфабрикату.* З блоку 4 зрозуміла необхідність медико-біологічної оцінки обраних плодово-ягідних матеріалів з точки зору виявлення можливих недоліків готового продукту (наявності сильнодіючих сполук, підвищеної концентрації певної біологічно активної речовини), що обмежує використання таких напівфабрикатів для певної категорії споживачів.

Блок 5. *Прогнозування варіантів удосконалення напівфабрикату.* Цей блок має окреслити шляхи усунення виявлених недоліків, наприклад за рахунок введення до композиції інших рослин, позбавлених установлених вад.

Блок 6. *Уточнення оптимального варіанта напівфабрикату.* За блоком 6 дається вже уточнений варіант плодово-ягідної композиції.

Блок 7. *Врахування і запобігання можливим небажаним ефектам.* За блоком 7 мають бути передбачені такі технологічні процеси, застосування яких забезпечує отримання високоякісних заморожених напівфабрикатів із належними органолептичними характеристиками, наприклад шокове заморожування, попереднє оброблення плодів та ягід кріопротекторами тощо.

Блок 8. *Перелік вимог до найбільш ефективного функціонування напівфабрикату.* За блоком 8 розробляється документація, за якої виробництво та використання нового напівфабрикату буде найбільш ефективним (технічні умови, технологічна інструкція, рекомендації з використання готової продукції тощо).

Блок 9. *Техніко-економічна, соціально-екологічна, психологічна оцінка напівфабрикату.* Психологічна оцінка композиції полягає в тому, як сприймає споживач нову продукцію, оскільки вона може не відповідати його традиційним смакам та уподобанням, а також передбачає проведення роз'яснювальної роботи з корисності даної продукції для здоров'я.

Блок 10. *Технологія нового напівфабрикату.*

Блок 11. *Патентування способу отримання напівфабрикату.*

Блок 12. *Реклама та промислово-комерційна реалізація нового напівфабрикату.*

Блок 13. *Масштаби задоволення потреби населення у новому напівфабрикаті.*

Блок 14. *Оцінка конкурентоспроможності та експортоорієнтованості нового продукту.*

Блоки 10—14 є практичною реалізацією наведених теоретичних передумов і виконуються безпосередньо на підприємствах з виробництва заморожених напівфабрикатів. Виконання блоку 14 передбачено вимогами до інноваційної продукції з точки зору оцінки її конкурентоспроможності та реалізації на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Запропоновані нами підходи до отримання заморожених напівфабрикатів узгоджуються з першим принципом харчової комбінаторики — принципом безпеки та доброякісності. Згідно з ним, при розробленні нових видів харчової продукції необхідно використовувати сировину, матеріали та різноманітні добавки, рекомендовані та дозволені для використання в харчовій промисловості (блок 2). Другий принцип харчової комбінаторики — принцип необхід-

ності (достатності) використання. Кодекс Аліментаріс трактує його так: коли бажаного ефекту можна досягти шляхом технологічного оброблення природної сировини або напівфабрикатів, то використовувати хімічні добавки нецільно. Відповідно до наведеного алгоритму, йдеться винятково про натуральну сировину. Третій принцип харчової комбінаторики — принцип сумісності. При підборі композиції плодів та ягід ми враховували технологічну та фізико-хімічну сумісність їхніх інгредієнтів. Четвертий принцип — принцип переваги використання і рівнозначності контролю. Сутність цього принципу полягає в тому, що при створенні продукції оздоровчого призначення перевагу необхідно надавати природним сировинним матеріалам. П'ятий принцип харчової комбінаторики — принцип кінцевого контролю і ймовірності декларування. Реалізація цього принципу визначає необхідність перевірки показників безпеки не лише сировини, а й продуктів на її основі. Останній принцип — принцип виключення, суть якого полягає в необхідності змінити рецептуру композиції в разі отримання негативних результатів і можливих побічних ефектів. Саме цим питанням присвячено реалізацію блоків 4—7 у запропонованому алгоритмі.

Висновки

Ґрунтовний підхід до створення композиційної плодово-ягідної суміші є гарантією її прогнозованої функціональності, абсолютної безпеки і широкого попиту у споживачів. Новим у цих дослідженнях є те, що перевага надається використанню не окремих біооб'єктів, а їхніх композицій, складові яких здатні потенціювати дію одна одної як у складі отриманих продуктів, так і на рівні шлунково-кишкового тракту, справляючи різнобічні ефекти, у тому числі антитоксичні. Розроблені композиції напівфабрикатів рекомендуються до вживання для запобігання негативним впливам малих доз постійного радіоактивного опромінення, важких металів, інших негативних чинників як у побуті, так і на виробництві, особливо в екологічно несприятливих районах; як допоміжний засіб у реабілітації хворих, що пройшли курс променевої терапії, особам після важких захворювань для підтримання імунного статусу, а також для спецконтингентів.

Література

1. Капрельянц Л.В., Петросьянц А.П. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології: монографія. Одеса: Друк, 2011. 260 с.
2. Хомич Г.П. Плоди дикорослої сировини — джерело біологічно активних речовин для харчових продуктів. *Наукові праці ОНАХТ*. 2009. Т. 2. Вип. 36. С. 186—190.
3. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Низькі температури у технологіях оздоровчих продуктів: монографія. Київ: Сталь, 2011. 363 с.
4. Тушманова Н.А. О биологическом значении сверхмалых доз. *Международный медицинский журнал*. 1999. № 9—10. С. 547—548.
5. Яковенко А.Ф., Яковенко Б.В. Биохимия: Учеб. пособие. Сумы: Изд-во «Университетская книга», 2001. 374 с.
6. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза продовольственных товаров: учебник. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1999. 448 с.
7. Ильина С.И. Двенадцать месяцев здоровья. Киев: Логос, 2000. 320 с.

8. Семенів Д. Дослідження властивостей субстанцій аронії чорноплідної. Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології. 2014. Вип. 1. С. 160—165.
9. Сімахіна Г.О. Основні показники придатності плодів та ягід до заморожування. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. 2018. Т. 29, № 1. С. 73—77.
10. Азимов А. Путеводитель по науке. От египетских пирамид до космических станций. Москва: ЗАО Центрполиграф, 2005. 788 с.
11. Орлова Н.Я., Белінська С.О. Заморожені плодоовочеві продукти: проблеми формування асортименту та якості: монографія. Київ: КНТЕУ, 2005. 335 с.
12. Рыбников К.А. Введение в комбинаторный анализ. Москва: МГУ, 1985. 308 с.
13. Белінська С.О. Наукові і практичні засади розроблення рецептур і формування якості швидкозаморожених плодоовочевих продуктів. *Харчова і переробна промисловість*. 2009. № 11—12. С. 26—28.
14. Притульська Н.В., Гуліч М.П., Мотузка Ю.М. та ін. Ентеральна нутритивна підтримка населення в умовах надзвичайних ситуацій: монографія. Київ: КНТЕУ, 2018. 280 с.
15. Сербін А.Г., Сіра Л.М., Слободянюк Т.О. Фармацевтична ботаніка: підручник. Вінниця: Нова книга, 2007. 488 с.
16. Сімахіна Г.О., Халапсіна С.В. Особливості заморожування ягід із ніжною текстурою. *Наукові праці національного університету харчових технологій*. 2015. № 4. С. 198—206.
17. Сімахіна Г.О., Халапсіна С.В. Отримання заморожених напівфабрикатів дикорослих ягід зі щільною покривною тканиною. *Наукові праці національного університету харчових технологій*. 2016. № 3. С. 198—206.
18. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. 548 с.
19. Петрова В.П. Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений. Киев: Вища школа, 1986. 287 с.

УДК 664.8.036.53.001.76

IMPROVEMENT OF THE PROCESS PRODUCTION OF VEGETABLE CONVENIENCE FOODS FROM FRUIT-AND-BERRY RAW MATERIALS OF GUARANTEED QUALITY

O. Cherevko, V. Mykhaylov, A. Zagorulko, A. Zahorulko

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

Fruit and berry raw materials
Digital processing
Color
CIE XYZ system
Dominant wavelength
Color purity
Brightness
Concentration
IR drying

Article history:

Received 10.09.2018
Received in revised form
02.10.2018
Accepted 23.10.2018

Corresponding author:

O. Cherevko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The method for the production of multicomponent semi-finished products from fruit and berry raw materials is developed. The use of an advanced rotary film apparatus (RFA) and a roller IR dryer based on a flexible film resistive electric heater of radiant type (FFREHofRT) for the processes of concentration and drying, differs this method from the others. Rational regimes for processing of plant raw materials for the developed equipment are determined. The developed method for assessing the quality of the obtained semi-finished products with different prescription composition (apple, cranberry, hawthorn) has been approbated. The quality assessment was carried out through the research of color characteristics by spectroscopy and developed by the digital processing method. The color of the test specimens during spectroscopy was evaluated using color parameters in the CIE XYZ system (dominant wavelength (λ_d , nm), brightness (T , %), color purity (P , %)). It is established that the differences in the results of the comparative analysis of color parameters of the experimental samples obtained during the spectral analysis and the proposed digital method make up less than 5%, which is within the limits of the experimental error. This confirms the effectiveness of using the digital color analysis method during any technological process available for taking photographs. At the same time, the proposed method of digital color analysis not only for fruit and for berry compositions, but also for food products in general, provides mobility and portability of the analysis with short-term processing of the received digital data and simultaneous presentation of the results in qualitative color parameters. An assessment of the quality of dried multicomponent fruit and berry pastes established the advantage of the sample with such percentage ratio of components: apple, cranberry, hawthorn — 60:30:10.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-19

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ З ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ ГАРАНТОВАНОЇ ЯКОСТІ

О.І. Черевко, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько, А.М. Загорулько
Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті описано спосіб виробництва багатокомпонентних напівфабрикатів з плодово-ягідної сировини. Спосіб відрізняється тим, що для процесів концентрування та сушіння використовується удосконалений роторний плівковий апарат (РПА) та вальцьова ІЧ-сушарка на основі гнучкого плівкового резистивного електронагрівача випромінюючого типу (ГПРЕнВТ). Для розробленого обладнання встановлені раціональні режими обробки рослинної сировини. Проведено апробацію розробленого способу для оцінки якості отриманих напівфабрикатів за різним рецептурним складом (яблуко, журавлина, глід). Оцінку якості проведено дослідженням кольорових характеристик методом спектроскопії та розробленим методом цифрової обробки. Колір дослідних зразків під час спектроскопії оцінювався за допомогою параметрів кольору у системі CIE XYZ (домінуюча довжина хвилі (λ_{дом}, нм), яскравість (T, %), чистота кольору (P, %)). Встановлено, що розбіжності результатів порівняльного аналізування кольорових параметрів дослідних зразків, отриманих під час спектрального аналізу, та запропонованого цифрового методу становлять менше 5%, що є в межах експериментальної похибки. Це підтверджує подальшу ефективність використання цифрового методу аналізу кольорових характеристик під час будь-якого доступного для фотографування технологічного процесу. При цьому запропонований метод цифрового аналізування кольору не лише для плодово-ягідних композицій, а й харчових продуктів у цілому забезпечує мобільність і портативність аналізування з короткотривалою обробкою отриманих цифрових даних та одночасного представлення отриманих результатів в якісні кольорові параметри. Оцінкою якості сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст встановлено перевагу зразка із таким відсотковим співвідношення компонентів: яблуко, журавлина, глід — 60:30:10.

Ключові слова: плодово-ягідна сировина, цифрова обробка, колір, система CIE XYZ, домінуюча довжина хвилі, чистота кольору, яскравість, концентрування, ІЧ-сушіння.

Постановка проблеми. Під час виробництва харчових продуктів природного походження необхідно досягати максимального збереження біологічно активних речовин (БАР) та високої якості на всіх технологічних стадіях обробки. Для збереження початкових властивостей рослинної сировини під час виробництва порошкоподібних напівфабрикатів використовують попередньо концентровані багатокомпонентні плодово-ягідні пасти з подальшим їх висушуванням.

Виробництво комбінованих харчових продуктів на основі сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст забезпечить розширення асортименту продукції природного походження із підвищеним вмістом харчової цінності та лікувально-профілактичними властивостями, необхідними для щоденного споживання.

Одним з визначальних показників якості харчових продуктів з рослинної сировини є колір і ступінь його збереження під час теплової обробки. Отримання привабливого кольору для споживача можливо досягти за рахунок комбінування різних видів рослинної сировини із високим вмістом БАР та енергетичною цінністю. Все це обумовлює актуальність досліджень кольороутворення в процесі виробництва сушених багатокомпонентних плодово-ягідних напівфабрикатів на основі плодово-ягідних паст із використанням сприятливих температурних режимів обробки [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час виробництва сушених природних напівфабрикатів, як правило, не намагаються штучно збільшувати вміст БАР та підвищувати енергетичну цінність отримуваної продукції. Але вирішення цього недоліку є нескладним технологічним завданням, яке вирішується комбінуванням різної за вмістом БАР природної сировини в композиції. При цьому необхідно враховувати мікробіологічний склад кожного компонента, його кислотність і насиченість кольороутворювальним пігментом.

Найбільш простим рішенням під час виробництва сушених багатокомпонентних плодово-ягідних напівфабрикатів є модернізація технологічних ліній концентрування, оскільки саме попередньо концентрований напівфабрикат, наприклад, пасту, доцільніше досушувати в прийнятних теплових режимах із одночасним знезаражуванням до порошкоподібного стану. Це, у свою чергу, забезпечить не лише розширення асортименту сушеної продукції з високим вмістом БАР порівняно з початковою рослинною сировиною, а й дасть змогу економити на її транспортуванні та зберіганні. Проте виникає апаратурна проблема, пов'язана з невеликою кількістю ефективних сушарок, призначених для сушіння паст з одночасним їх знезаражуванням, безпосередньо ІЧ-сушарок [2].

Під час виробництва сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст актуальним завданням є об'єктивне визначення кольороутворювальних властивостей у композиціях під час виконання технологічних операцій та впливу їх на загальний показник якості [3].

У багатьох технологіях виготовлення сушених плодово-ягідних порошоків значна увага приділяється інноваційним ресурсозберігаючим технологіям, але щоденний їх розвиток і вдосконалення техніки обумовлює необхідність у використанні сучасних технологій за умов, що єдиного підходу до виготовлення сушених напівфабрикатів ще не існує. Також на сьогодні гостро стоїть питання забезпечення населення високоякісними природними напівфабрикатами зі штучним їх збагаченням вітамінами та лікувально-профілактичними властивостями. Це досягається шляхом поєднання певної кількості різновидів природної сировини в композиції, яка потребує детального дослідження стосовно отриманої якості та принципів змін кольороутворення при їх змішуванні [3]. В багатьох випадках при купажуванні намагаються не лише штучним шляхом збільшувати природний вміст вітамінів у компо-

зиціях, а й отримувати привабливий для споживача колір. Тому виникає потреба в пошуках сучасних інноваційних і простих методів з визначення змін кольороутворення в отримуваних композиціях на всіх стадіях їх виготовлення. Дослідження змін кольороутворення, як і техніка й технологія, не мають єдиного шляху реалізації та постійно змінюються з розвитком наукового прогресу. Саме тому у дослідженні пропонується вирішення вищезазначених існуючих проблем при виробництві купажованих сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст з використанням сучасних інноваційних ІЧ-сушарок і визначенням змін кольороутворення отримуваних композицій залежно від частки масового вмісту кожного компонента в композиції.

Отримані дані дадуть змогу оптимізувати технологічні параметри переробки природної сировини, визначити колір продукції з урахуванням рецептури композицій та забезпечити гарантовану якість харчових продуктів на її основі з привабливим для споживача кольором.

Мета дослідження: розробка способу виробництва багатокомпонентних напівфабрикатів з плодово-ягідної сировини гарантованої якості та визначення їх кольорових та органолептичних характеристик на різних стадіях виробництва.

Викладення основних результатів дослідження. Для розробленого способу виробництва напівфабрикатів з плодово-ягідної сировини як показник якісної оцінки отриманих багатокомпонентних композицій на різних стадіях виробництва, а саме пюре, пасти та сушені порошкоподібні вироби, було обрано їх колір. Колір — це перша ознака якості і свіжості продукції, а взаємозв'язок якості й кольору особливо проявляється для продуктів рослинного походження, оскільки це обумовлено тісною кореляцією між кольором і вмістом барвних речовин (хлорофілів, каротиноїдів і речовин фенольної природи).

Оцінку кольорових характеристик проводили методом спектроскопії та розробленим методом цифрової обробки. Такий підхід застосували для порівняння отриманих результатів спектроскопії й цифрової обробки, щоб підтвердити ефективність використання та достовірності отриманих результатів при застосуванні розробленого цифрового методу [4]. Під час апробації методу цифрової обробки дослідні зразки плодово-ягідної сировини рівномірно наносили на дослідницьке дзеркальце товщиною шару 0,5 мм та здійснювали цифрове фотографування з подальшим комп'ютерним аналізуванням знімка в Міжнародній системі координат СІЕ. Також з метою апробації вдосконаленого РПА та розробленої вальцьової ІЧ-сушарки на основі гнучкого плівкового резистивного електронагрівача випромінюючого типу (ГПРЕНВТ) [5; 6] запропоновано рецептурне співвідношення плодово-ягідних компонентів у багатокомпонентних композиціях, наведених у табл. 1.

Таблиця 1. Рецептурне співвідношення природних компонентів у багатокомпонентних композиціях

Компонентний склад	Композиція (зразок)		
	1а	1б	1в
Яблуко	60	65	55
Журавлина	30	25	40
Глід	10	10	5
Контроль, %	100	100	100

Відповідно до розробленого способу [7], зрілі плоди журавлини та глоду миють, інспектують, видаляють плодоніжки та кісточки. Плоди журавлини та глоду окремо бланшують в 1...2% розчині лимонної кислоти за температури 60...70°C протягом 3...6 хв в універсальному багатофункціональному апараті з метою стабілізації поліфенольного комплексу та для пом'якшення тканини. Потім протирають, відділяючи шкірки і кісточки на здвоєній протиральній машині з діаметрами сит 1,0...1,2 та 0,4...0,6 мм. Вилучені після протирання шкірку та кісточку з залишками м'якоті відварюють протягом 4...8 хв та з метою підвищення виходу готової продукції й зменшення відходів отриману масу повторно протирають на тій же машині.

Яблучне пюре готують за чинною технологічною інструкцією для виробництва плодкових і ягідних пюре.

Потім з'єднують масу із журавлини та глоду, протерту масу відвару зі шкірки і кісточок цих ягід, яблучне пюре і перемішують. Купажування плодово-ягідних компонентів здійснювалося відповідно до запропонованого рецептурного співвідношення сировини у композиціях із різним масовим вмістом (табл. 1). У подальшому досліджували кольороутворення багатокомпонентних напівфабрикатів з метою підтвердження збереження їх якості.

Отриману масу попередньо підігрівають до температури 35°C та уварюють у вдосконаленому РПА на основі ГПРЕНВТ при температурі 50...60°C протягом 0,65...0,8 хв до вмісту 25...30% СР. Потім отриману масу розфасовують при температурі 55°C, закупорюють, стерилізують, маркують. Використання невеликих температур при концентруванні (50...60°C) запобігає значним втратам біологічно цінних речовин і збереженню лікувально-профілактичних властивостей. Також отримані концентровані багатокомпонентні плодово-ягідні пасти в подальшому можна висушувати з метою розширення функціонального використання в харчовій промисловості.

Першим етапом було визначення й аналізування кольорових характеристик отриманого багатокомпонентного плодово-ягідного пюре (табл. 2) після купажування компонентів за рецептурою, наведеною в табл. 1.

Таблиця 2. Результат порівняння експериментально отриманих даних спектроскопічного аналізу та цифрової обробки багатокомпонентного плодово-ягідного пюре

Дані спектроскопічного аналізу							
Зразки композицій багатокомпонентного плодово-ягідного пюре	Координати кольоровості			Довжина хвилі, що домінує	Яскравість	Чистота кольору	Візуальна характеристика кольору зразків
	x	y	z	$\lambda_{\text{нм}}$	T, %	P, %	
1	2	3	4	5	6	7	8
Зразок 1а	4,5	2,95	0,75	610,8	35,9	76,4	червонувато-помаранчевий
Зразок 1б	3,79	2,39	0,75	614,5	34,5	70,7	червонувато-помаранчевий
Зразок 1в	4,73	3,03	0,78	616,1	37,6	78,1	червонувато-помаранчевий

1	2	3	4	5	6	7	8
Дані аналізу цифрового методу обробки							
Зразок 1а	4,6	2,8	0,7	610	36	76	червонувато-помаранчевий
Зразок 1б	3,9	2,4	0,7	614	34	71	червонувато-помаранчевий
Зразок 1в	4,2	3,6	0,7	616	38	78	червонувато-помаранчевий

За даними спектроскопічного аналізу довжина хвилі, що домінує в зразку пюре 1а, становить 610,8 нм і характеризує червонувато-помаранчевий колір з чистотою кольорового тону — 76,4%. Для зразків 1б та 1в — 614,5 і 616,1 нм відповідно. Для зразка 1б значення чистоти тону (70,7 %) відповідає червонувато-помаранчевому кольору. Чистота тону 78,1% у зразку 1в характеризує червонувато-помаранчевий колір.

Другим етапом стало порівняння отриманих результатів спектроскопії та цифрового методу аналізу дослідних зразків багатокомпонентних плодово-ягідних паст.

Аналізування отриманих спектрів віддзеркалення композицій багатокомпонентних паст показало, що мінімальна складова синього кольору (z) для зразка пасти 1а — 0,49, а композиції 1б та 1в характеризуються значеннями 0,77 і 0,53 відповідно (табл. 3).

Таблиця 3. Результат порівняння експериментально отриманих даних спектроскопічного аналізу та цифрової обробки багатокомпонентних плодово-ягідних паст

Дані спектроскопічного аналізу							
Дослідні зразки композицій багатокомпонентних плодово-ягідних паст	Координати кольоровості			Довжина хвилі, що домінує	Яскравість	Чистота кольору	Візуальна характеристика кольору зразків
	x	y	z	$\lambda_{\text{чм}}$	$T, \%$	$P, \%$	
Зразок 1а	3,05	2,02	0,49	610,0	36,1	77,6	червонувато-помаранчевий
Зразок 1б	2,12	2,00	0,77	613,4	34,7	64,0	червонувато-помаранчевий
Зразок 1в	3,17	2,04	0,53	614,1	37,7	78,9	червоно-помаранчевий
Дані аналізу цифрового методу обробки							
Зразок 1а	3,0	2,0	0,5	610,0	36,0	76,0	червонувато-помаранчевий
Зразок 1б	2,0	2,5	0,8	612,0	35,0	65,0	червонувато-помаранчевий
Зразок 1в	3,0	2,0	0,5	613,0	38,0	78,0	червоно-помаранчевий

Установлена довжина хвилі, що переважає в зразку пасти 1а, дорівнює 610 нм, а чистота тону — 77,8%. Для пасти 1б — довжина хвилі становить 613,4 нм, чистота тону — 64,6%, а для зразка 1в — 614,1 нм, чистота тону 78,1. Усі дослідні композиції паст мали червонувато-помаранчевий колір.

Порівняння візуальних характеристик кольору зразків (табл. 2, 3) підтверджує збереження кольорів у пюре до термічної обробки та концентрованих паст. Збереження кольорових характеристик під час концентрування підтверджує мінімальні фізико-хімічні зміни при тепловій обробці та максимальне збереження БАР і лікувально-профілактичних властивостей кінцевого продукту — пасти.

Третім етапом було порівняння отриманих результатів спектроскопії та цифрового методу аналізу дослідних зразків сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст (табл. 4), виготовлених відповідно до попередньо запропонованих рецептурних співвідношень.

Сушіння композицій багатокомпонентних плодово-ягідних паст із вмістом 28...30% СР здійснювали у вальцьовій ІЧ-сушарці на основі ГПРЕНВТ за низькотемпературного режиму (45°C) й товщини шару сировини на рифленому барабані — 1 мм. Запропонований апарат має подрібнювальний механізм, розташований у розвантажувальній частині сушарки, що дає змогу отримувати порошкоподібну фракцію сушеного напівфабрикату. Процес ІЧ-сушіння здійснювався до досягнення кінцевого вологовмісту напівфабрикату на рівні 4...6%, з подальшим фасуванням у світловіддзеркалювальні герметичні поліетиленові пакети.

Масову частку сухих речовин визначали за ГОСТ 28561-90.

Таблиця 4. Результат порівняння експериментально отриманих даних спектроскопічного аналізу та цифрової обробки сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст

Дані спектроскопічного аналізу							
Зразки сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст	Координати кольоровості			Довжина хвилі, що домінує	Яскравість	Чистота кольору	Візуальна характеристика кольору зразків
	x	y	z	$\lambda_{\text{чм}}$	T, %	P, %	
Зразок 1а	0,615	0,387	0,271	498,0	30,4	34,7	синювато-пурпурний
Зразок 1б	0,606	0,435	0,305	620,5	32,3	34,8	червоний
Зразок 1в	0,611	0,408	0,284	589,4	33,1	34,6	синювато-червоний
Дані аналізу цифрового методу обробки							
Зразок 1а	0,6	0,4	0,3	497,0	30,0	34,2	синювато-пурпурний
Зразок 1б	0,5	0,4	0,3	619,0	32,0	35,0	червоний
Зразок 1в	0,6	0,5	0,3	590,0	33,0	34,2	синювато-червоний

Характерною довжиною хвилі для зразка сушеної трикомпонентної плодово-ягідної пасти 1а є 498 нм, що відповідає синювато-пурпурному кольору з чистотою тону 34,7%. Зразки 1б та 1в відповідно мають довжини 620,5 та 589,4 нм. Для зразка 1б значення чистоти тону (34,8%) відповідає червоному кольору. Зразок 1в характеризується синювато-червоним кольором, оскільки має чистотою тону 34,6%.

Порівнюючи візуальні характеристики кольорів, а саме: яскравість і чистоту тону зразків паст до та після сушіння (табл. 3—4), можна зробити виснов-

ки, що яскравість дещо слабшає (в межах 2...6%). Чистота кольору, у свою чергу, зменшується фактично вдвічі, що пояснюється усушуванням маси сировини та проведенням більшої кількості теплових обробок, хоча й досягається привабливий візуальний колір зразків для споживача.

Аналізування порівняльних таблиць (2—4) підтверджує подальшу ефективність використання цифрового методу аналізу кольорових характеристик під час будь-якого доступного для фотографування технологічного процесу. Розбіжності отриманих результатів порівняльного аналізування кольорових параметрів дослідних зразків, отриманих під час спектрального аналізу та запропонованого цифрового методу, становлять менше 5%, що в межах експериментальної похибки. При цьому запропонований метод цифрового аналізування кольору не лише для плодово-ягідних композицій, а й харчових продуктів у цілому забезпечує мобільність і портативність аналізування з короткотривалою обробкою отриманих цифрових даних та одночасного представлення отриманих результатів в якісні кольорові параметри.

Завершальним етапом досліджень з підтвердження якості отримуваних напівфабрикатів є проведення сенсорного оцінювання отриманих кінцевих продуктів, а саме: багатокомпонентних плодово-ягідних паст (табл. 5) і сушених порошкоподібних напівфабрикатів на їх основі (табл. 6) відповідно до методики Європейської організації за контролем якості харчових продуктів.

Аналіз даних стосовно результатів оцінювання багатокомпонентних плодово-ягідних паст (табл. 5) підтвердив найкращу якість багатокомпонентної природної пасти з введенням у 60-відсоткове яблучне пюре журавлини в кількості 30%, глоду 10% (зразок 1а) до загальної маси сировини. Уведення журавлини і глоду у великих кількостях негативно впливає на смакові якості виробів, у менших — призводить до зниження харчової цінності і погіршення органолептичних характеристик продукту.

За результатами оцінювання найкращу якість сушених трикомпонентних плодово-ягідних паст має зразок 1а з вмістом 60% яблучної сировини, 30% журавлини та 10% глоду. Уведення у великих або менших кількостях журавлини і глоду призводило до зміни органолептичних характеристик продукту, а отже, й харчової цінності в цілому.

Таблиця 5. Результати експертного оцінювання показників якості багатокомпонентних плодово-ягідних паст

Приклад	Показники якості багатокомпонентних плодово-ягідних паст, бал					Загальна оцінка, бал
	Зовнішній вигляд	Консистенція	Колір	Смак	Запах	
Зразки композицій багатокомпонентних плодово-ягідних паст						
зразок 1а	10	15	9	10	5	49
зразок 1б	9	14	9	9	5	46
зразок 1в	9	14	8	8	4	43
Прототип (паста з яблука, айви та бузини)	10	14	9	10	5	48

Таблиця 6. Результати експертного оцінювання показників якості сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст

Приклад	Показники якості сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст, бал					Загальна оцінка, бал
	Зовнішній вигляд	Консистенція	Колір	Смак	Запах	
Сушені багатокомпонентні плодово-ягідні паст						
зразок 1а	10	15	9	10	5	49
зразок 1б	9	14	8	9	5	45
зразок 1в	9	13	7	8	4	41
Прототип (сушена трикомпонентна плодово-ягідна паста з яблука, айви та бузини чорної)	10	14	9	9	5	47

Висновки

Отже, аналіз наведених результатів досліджень кольорових характеристик сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст залежно від їх рецептурного співвідношення за розробленим способом виробництва із використанням низькотемпературного процесу попереднього концентрування в РПА та сушіння у вальцовій ІЧ-сушарці на основі ГПРЕНВТ дав змогу визначити довжини хвиль, що переважають, та чистоти тонів для концентрованих паст із вмістом 25...30% СР і сушених із вмістом 4...6% СР.

Порівнюючи візуальні характеристики кольорів, а саме: яскравість та чистоту тону зразків паст до обробки та ІЧ-сушіння, можна стверджувати, що відбувається незначна зміна яскравості в межах 2...6%. Зменшення чистоти кольору майже вдвічі пояснюється усушуванням маси сировини та проведенням більшої кількості теплових обробок, хоча й досягається привабливий візуальний колір зразків для споживача.

Підтверджено подальшу ефективність використання цифрового методу аналізу кольорових характеристик під час будь-якого доступного для фотографування технологічного процесу.

За результатами оцінювання якості сушених багатокомпонентних плодово-ягідних паст певну перевагу має напівфабрикат із таким співвідношення компонентів: яблуко, журавлина, глід — 60:30:10 (зразок 1а). Уведення у великих або менших кількостях журавлини і глоду призводило до зміни органолептичних характеристик продукту, а отже, й харчової цінності в цілому.

Запропоновані пастоподібні та сушені багатокомпонентні плодово-ягідні паста рекомендовано до застосування в раціонах харчування як самостійний продукт, а також для виробництва борошняної кулінарної продукції, безалкогольних і горілчанних напоїв, кондитерських і хлібобулочних виробів.

Подальші дослідження планується спрямувати у напрямку визначення оптимальних режимів попередньої теплової обробки рослинної сировини з метою підвищення якості отримуваних напівфабрикатів та зменшення відходів.

Література

1. Елисеева Л.Г., Грибова Н.А. Анализ экономической эффективности перерабатывающих предприятий плодово-ягодного сырья на основе внедрения инновационных ресурсосберегающих технологий. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2016. № 9. С. 92—101.
2. Снежкин Ю.Ф., Борзяк Л.А., Хавин А.А. Энергосберегающие теплотехнологии производства пищевых порошков из вторичных сырьевых ресурсов: монография. Киев: Наукова думка, 2004. 228 с.
3. Глухова Е.Н., Пилипенко Т.В. Изучение качества функциональных добавок на основе растительного сырья. *Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности*. 2014. № 51. С. 90—94.
4. Пат. на корисну модель 124046 Україна, МПК G01N 33/02 G01J 3/00. Спосіб визначення кольору харчових продуктів / Черевко О.І., Михайлов В.М., Загорулько А.М., Загорулько О.Є., Ляшенко Б.В., Черв'якова В.А., Коржавих Д.К.; Заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. № u 201712264; заявл. 11.12.2017; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5.
5. Пат. на корисну модель 124573 Україна, B01D 1/22 (2006.01), H05B 3/36(2006.01). Роторний випарник / Черевко О.І., Кіптєла Л.В., Загорулько О.Є., Загорулько А.М., Ляшенко Б.В.; Заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. № u201711824; заявл. 04.12.2017; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7.
6. Пат. на корисну модель 119166 Україна, МПК B01D1/22. Вальцьова ІЧ-сушарка для сушіння природних паст (пюре) у порошкоподібні напівфабрикати / Загорулько А.М., Загорулько О.Є., Дяченко Н.В., Гончаренко В.А.; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. № u 201703857 ; заявл. 19.04.2017 ; опубл. 11.09.2017, Бюл. № 17. 5 с.
7. Пат. на корисну модель 119164 Україна, МПК A23L 21/10. Спосіб виробництва плодово-ягідної пасти / Загорулько А. М., Загорулько О. Є., Філоненко А.О. ; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. № u 2017 03852 ; заявл. 19.04.2017 ; опубл. 11.09.2017, Бюл. № 4. 4 с.

CHANGE OF QUALITY OF WAFER PRODUCTS WITH SYNBIOTIC DURING STORAGE

H. Korkach, T. Lebedenko, N. Karatsuba

Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

Fat filling
Dysbiosis
Synbiotic products
Waffles
Quality
Shelf life

Article history:

Received 12.09.2018
Received in revised form
03.10.2018
Accepted 24.10.2018

Corresponding author:

H. Korkach
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Confectionery products are in great demand among different sectors of the population, especially children and young people, both in Ukraine and in other countries. This group of products can be considered to be a convenient carrier of vital nutrients, the lack of which in the diet of Ukrainian population is a serious problem. Therefore, the industry faces the task of developing and introducing products with not only high nutritional value and good taste but beneficial physiological effects as well. A promising trend is the development of products aimed at prevention and treatment of various types of diseases. These types of products include, first of all, products for people with intestinal microflora disorder.

In this work the market of functional confectionery products has been analyzed. The importance and necessity of developing wafer products with synbiotics has been presented and their selection and recipe composition have been substantiated. The change in the consumer characteristics of finished products in the process of storage has been determined. Several quality parameters of finished products (changes in peroxide value of fatty fillings, microbiological and sensory characteristics of finished products) have been researched. The dynamics of accumulating the primary products of fat oxidation has been investigated and it has been established that the peroxide number of wafer samples was 3.4 times less than the control at the end of the storage period.

In order to determine the influence of synbiotics on the shelf life of wafers, their microbiological parameters have been determined, since the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, coliform bacteria, mold fungi, and yeast characterizes the safety of the wafer products for consumption. The results of the sensory analysis showed that test samples of wafers with synbiotic had favorably different taste parameters and structure compared to control.

ЗМІНА ЯКОСТІ ВАФЕЛЬНИХ ВИРОБІВ ІЗ СИНБІОТИКОМ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

Г.В. Коркач, Т.Є. Лебеденко, Н.Л. Карацуба

Одеська національна академія харчових технологій

Кондитерські вироби користуються великим попитом у різних верств населення, особливо дітей і молоді. Ця група продуктів може розглядатися як зручний носій життєво важливих поживних речовин, нестача яких у раціоналі населення України є серйозною проблемою. Тому перед галуззю стоїть завдання розроблення і впровадження у виробництво виробів, які б, крім харчової цінності і смакових переваг, володіли фізіологічним впливом. Перспективним напрямом залишається розробка продуктів, спрямованих на профілактику та лікування різних видів захворювання. До таких видів продуктів можна віднести передусім вироби для людей з порушенням кишкової мікрофлори.

У статті проведено дослідження ринку функціональних кондитерських виробів. Обґрунтовано актуальність і потребу в розробці вафельних виробів з синбіотиками, їх вибір і розроблено рецептурну композицію. Проведено комплекс досліджень з визначення зміни споживчих характеристик готових виробів у процесі зберігання. Якість готових виробів визначали за кількома параметрами: за зміною перекисного числа жирової начинки, мікробіологічним та органолептичним показникам готових виробів. Досліджено динаміку накопичення первинних продуктів окислення жиру і встановлено, що в кінці строку зберігання перекисне число у дослідних зразків вафель було меншим за контроль у 3,4 рази.

Для визначення впливу синбіотику на термін придатності вафель визначали мікробіологічні показники: кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, бактерій групи кишкової палички, плісняви грибів та дріжджів, які характеризують безпечність вафельних виробів до споживання. Результати сенсорного аналізу показали, що дослідні зразки вафель із синбіотиком вигідно відрізняються від контролю за смаковими показниками та структурою.

Ключові слова: *жирова начинка, дисбактеріоз, продукти-синбіотики, вафлі, якість, термін зберігання.*

Постановка проблеми. В наш час загально визнаною цінністю світове співтовариство вважає індивідуальне та громадське здоров'я. Здоров'я нації розглядається як показник цивілізованості держави, що відображає соціально-економічний стан суспільства.

Проблеми «харчування і здоров'я» та «харчування і хвороби» тісно взаємопов'язані. Нераціональне харчування є визначальним у виникненні та розвитку таких факторів ризику, як надлишкова маса тіла, артеріальна гіпертензія, цукровий діабет, захворювання шлунково-кишкового тракту. Людина здорова та відносно незалежна від змін умов навколишнього середовища до

тих пір, поки здатна підтримувати стабільність внутрішнього середовища організму.

У сучасному світі у зв'язку з погіршенням екологічної обстановки, підвищенням психічно-нервових навантажень, емоційної нестійкості та все більш широким застосуванням антибіотиків спостерігається порушення стабільності складу мікрофлори кишечника людини, що призводить до появи дисбактеріозу. У зв'язку з цим триває активний пошук оптимальних засобів, спрямованих на профілактику виникнення дисбактеріозу. Цим зумовлена поява на ринку продуктів-синбіотиків. Ефективність синбіотиків заснована на синергізмі пробіотиків і пребіотиків, за рахунок якого не тільки імплантуються мікроорганізми в шлунково-кишковий тракт людини, але й стимулюються зростання і розвиток його власної мікрофлори.

Кондитерські вироби представляють собою групу харчових продуктів широкого асортименту, які значно відрізняються за ціною, складом і споживчими характеристиками. Більшу половину ринку кондитерських виробів в Україні займають борошняні кондитерські вироби (БКВ). Вони користуються регулярним стійким попитом у споживачів завдяки високим смаковим якостям, цінній доступності, зручності споживання, а також традиціям у харчуванні українців. БКВ істотно доповнюють раціон харчування різних вікових груп населення, особливо дітей і молоді. Однак склад БКВ незбалансований, вони мають низьку харчову і високу енергетичну цінність (калорійність), містять велику кількість жирів і вуглеводів при незначному вмісті незамінних інгредієнтів, мікро- і макронутрієнтів та функціонально-фізіологічних речовин.

Враховуючи доступність і популярність БКВ у населення України, формування їх асортименту з урахуванням функціональної спрямованості є актуальним напрямком впливу на раціон харчування людини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Доцільність збагачення БКВ фізіологічно функціональними інгредієнтами, що дають змогу надавати їм різну функціональну спрямованість і покращувати споживчі властивості, відзначається в публікаціях як зарубіжних вчених, так і українських вчених.

Наукові основи, технології і рецептури БКВ функціонального призначення вивчено в [1], з метою економії дефіцитних видів сировини, зниження цукроємності, створення виробів лікувально-профілактичного призначення, дитячого асортименту, виробів з більш тривалим терміном зберігання вдосконалено структуру асортименту цукрового печива [2] та пряничних виробів і крекерів [3].

Велика кількість праць присвячена розробці й удосконаленню технології вафельних виробів з функціональними властивостями, призначених для здорового харчування [4—8].

У праці Т.М. Лозової [9] досліджена проблема підвищення харчової і біологічної цінності вафель із жировими начинками, рецептури яких включають нетрадиційну сировину.

Проведені дослідження і встановлено, що оптимальна кількість інуліну і олігофруктози при виробництві вафельних виробів становить 10% до маси начинки, що обумовлює їх функціональну спрямованість, а висока технологічність і здатність замінювати частину жиру й цукру забезпечує продуктам високі споживчі властивості [10].

В [11] проведені дослідження зі створенню вафель функціональної спрямованості з використанням апельсинових харчових волокон. Розроблений вид виробів необхідний для людей, які страждають ожирінням, цукровим діабетом, атеросклерозом, з порушенням нормальної кишкової мікрофлори і іншими захворюваннями.

У статті [12] підкреслюється підвищений інтерес споживачів до функціонального печива, збагаченого насінням льону. Печиво з льяним насінням може бути джерелом омега-3 жирних кислот у щоденному раціоні. Виявлено потенційний портрет споживачів: літні жінки з високим рівнем поінформованості про продукти здорового харчування, а також люди, зацікавлені в правильному харчуванні.

Проте проблема комплексного забезпечення якості готових виробів, їх збалансованості за харчовою цінністю, надання функціональних властивостей гостро стоїть перед науковцями кондитерської галузі. В умовах сучасного ринку важливу роль відіграє створення конкурентоспроможної продукції. Такі вироби повинні володіти високими органолептичними характеристиками та мати тривалі терміни придатності.

Метою дослідження є вивчення впливу синбіотичного комплексу на зміну якісних показників вафельних виробів у процесі зберігання.

Викладення основних результатів досліджень. Проаналізувавши ринок БКВ, прийшли до висновку, що найбільш затребуваною продукцією на українському ринку борошняних солодоців залишається продукція сегменту «Печиво солодке й вафлі». Тому як кондитерський виріб для введення синбіотичної добавки були запропоновані вафлі із жировою начинкою.

Попередніми дослідженнями було обґрунтовано вибір функціональних інгредієнтів для створення синбіотичного комплексу, який складається з імобілізованих біфідобактерій та інуліну, встановлено стадію внесення та масову частку добавки [13;14].

Одним із визначальних факторів, що впливають на обсяги виробництва і продажу продукції, є термін придатності. Це період, протягом якого виріб залишається безпечним. Збереженість продукції залежить від якості вихідної сировини, правильності проведення технологічного процесу, санітарно-гігієнічних умов виробництва, пакування і, звичайно ж, від дотримання умов зберігання.

Для оцінки якості розроблених вафельних виробів проводили комплексну оцінку їх споживчих властивостей. Результати сенсорного аналізу показали, що вони вигідно відрізняються від контролю за смаковими показниками, оскільки мають начинку більш ніжної консистенції. При цьому сторонні присмаки відсутні.

Органолептичні показники розробленого виду вафельних виробів з синбіотичним комплексом наведені в табл. 1.

Умови розвитку ринкової економіки в нашій країні диктують необхідність враховувати при проведенні досліджень не тільки фізіологічні потреби населення, але й конкурентоспроможність пропонованих виробів. При виборі продуктів споживач керується насамперед органолептичними показниками. З

метою визначення органолептичних показників, що характеризують споживчу привабливість продукту, був застосований системний підхід. Ознаки (дескриптори), за якими оцінювались вироби, були розроблені за результатами обговорення членами дегустаційної комісії

Таблиця 1. Органолептичні показники якості вафель

Найменування показника	Контроль	Дослідний зразок «Перлінка»
Смак	Солодкий, без стороннього присмаку	Менш солодкий, без жирового присмаку, хрусткий
Запах	Властивий цьому виду виробу, без стороннього запаху і присмаків	Властивий цьому виду виробу, без стороннього запаху і присмаків. Вафельні вироби відрізняються приємним ароматом
Колір	Колір листа — світло-жовтий, в розрізі — комбінований. Колір начинки — однорідний, білий	
Будова у розломі	Вафельні листи рівномірно пропечені, з розвинутою пористістю, володіють хрусткими властивостями, начинка рівномірно розподілена	
Зовнішній вигляд, поверхня	Поверхня з чітким малюнком, з рівним обрізом, без підтікань. Начинка у вафлях не виступає за краї	
Консистенція начинки	Начинка неоднорідної консистенції без грудочок, але інколи трапляються грудочки, масляниста, міцно тримає вафельні листи	Начинка однорідної ніжної консистенції, легко тоне, без грудочок і крупинок. У готовому виробі — щільна, міцно тримає вафельні листи

Експерти одногосно на перше місце за значущістю поставили смак борошняних кондитерських виробів, на друге місце — запах. За отриманим розподілом рангів було встановлено, що найбільш важливою категорією споживчої привабливості і, відповідно, критерієм оцінки вафельних виробів є смак.

На підставі результатів дегустацій побудували профілограму смаку виробів.



Рис. Профілограма смаку вафель

Для розроблених вафельних виробів важливо, щоб вони зберігали свої властивості протягом усього терміну придатності. Тому проводили дослідження з визначення показників якості вафельних виробів у процесі зберігання.

Вафельні вироби, згідно з ДСТУ 4033-2001 «Вафлі. Загальні технічні умови», повинні зберігатись при температурі навколишнього середовища (18±3)°С і відносній вологості повітря 65—70%. Строк зберігання вафель із жировою начинкою, виготовлених на основі рослинних твердих жирів з тривалими термінами зберігання, складає три місяці.

Якість готових виробів визначали за кількома параметрами: за зміною перекисного числа жирової начинки, мікробіологічними та органолептичними показниками готових виробів.

Оскільки найбільш уразлива до псування жирова фракція вафельних виробів, було визначено зміну перекисного числа — досліджено динаміку накопичення первинних продуктів окислення жиру (табл. 2).

Таблиця 2. Зміна перекисного числа в процесі зберігання

Час зберігання, діб	Контроль	Вафлі «Перлінка»
0	0,041	0,017
15	0,051	0,017
30	0,058	0,018
45	0,065	0,02
60	0,07	0,022
75	0,079	0,023
90	0,085	0,025

Як видно з експериментальних даних, упродовж зберігання значення перекисного числа дослідних зразків вафель було меншим за контрольний у 3,4 рази, що свідчить про те, що добавка інуліну надає антиокислювальний вплив на жирову фазу начинки за рахунок зв'язування вільної води і зменшення гідролітичних процесів у жировій фазі. А також, ймовірно, за рахунок з'єднання полівалентних металів, які чинять інгібуючу дію на окислювальні ферменти.

Сучасні вимоги до якості та безпеки харчових продуктів і продовольчої сировини, строку придатності їх до споживання обумовлюють необхідність мікробіологічного контролю. Патогенні для організму людини штами бактерій *Escherichia coli*, *Salmonella* є збудниками багатьох хвороб. Вони негативно впливають на органолептичні показники, викликають псування харчового продукту. При порушенні технологічних операцій, умов пакування, транспортування, зберігання борошняні кондитерські вироби можуть обсіменятися спорами мікроорганізмів. За сприятливих умов вони інтенсивно розмножуються. Чим вища загальна кількість мікроорганізмів (мезофільних аеробних і факультативно анаеробних), тим більша ймовірність існування шкідливої і патогенної мікрофлори.

Гігієнічні нормативи за мікробіологічними показниками для кондитерських виробів включають контроль чотирьох груп мікроорганізмів: санітарно-показові (КМАФАнМ, БГКП), умовно-патогенні (*E. coli*, *St. aureus*), патогенні (сальмонели), мікроорганізми псування (дріжджі, плісняві гриби).

Результати мікробіологічних показників досліджуваних зразків залежно від їх складу і умов зберігання наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Показники мікробіологічної безпеки вафель з начинкою

Назва зразків	МАФАНМ, КУО/г, не більше			БГКП (коліформи)			Дріжджі/пліснява, КУО/г, не більше		
	Норма	0 діб	90 діб	Норма	0 діб	90 діб	Норма	0 діб	90 діб
Зразок 1	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$15 \cdot 10^3$	0,01	—	—	$1 \cdot 10^2$	—	—
Зразок 2		$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$		—	—		—	—
Зразок 3		$5 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$		—	—		—	—
Зразок 4		$5 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$		—	—		—	—

Зразки: 1 — контроль; 2 — 10% інуліну і мікрокапсульовані біфідобактерії; 3 — 20% інуліну і мікрокапсульовані біфідобактерії; 4 — 30% інуліну і мікрокапсульовані біфідобактерії.

З одержаних результатів видно, що початкова забрудненість усіх зразків однакова. Це пов'язано з використанням сировини, яка була обсіменена різними видами мікроорганізмів. Тривалість одержання жирової начинки складає 20 хвилин, процес відбувається в змішувачах або в збивальній машині, при цьому відбувається контакт з повітрям навколишнього середовища. Але показники КМАФАНМ через 90 діб зберігання у контрольного зразка підвищуються, а в дослідних зразків зі збільшенням масової частки інуліну зменшуються, що, ймовірно, можна пояснити антимікробною здатністю інуліну.

Була проведена оцінка зміни органолептичних показників контрольного і розробленого зразків вафель у процесі зберігання. В результаті можна зробити висновок про те, що дослідні вироби мають кращий смак і зовнішній вигляд порівняно з контрольним. У контрольного зразка під кінець строку зберігання почав з'являтися мильний присмак, що свідчить про накопичення лауринової кислоти. Вафельний лист почав відставати від начинки, відбулося розшарування готового виробу.

На основі отриманих результатів розроблено проект нормативної документації на вафлі «Перлінка» (рецептури, технологічні інструкції, технічні умови). Ефективність розроблених рецептур і технологічних режимів виробництва вафель з жировими начинками функціонального призначення підтверджені дослідно-промисловими випробуваннями в умовах ТзОВ «Агробізнес» і ТОВ «Чарівний каравай».

Як показали виробничі випробування, розроблені вафельні вироби володіють відмінними споживчими властивостями, відрізняються високою якістю, мають приємний смак і функціональні властивості за рахунок вмісту фізіологічних функціональних інгредієнтів — пребіотику інуліну та пробіотику — мікрокапсульованих біфідобактерій.

Технологія виробництва вафель із синбіотичним комплексом захищена патентом України № 118708 від 28.08.2017 «Композиція інгредієнтів для виробництва жирової начинки для вафель».

Висновки

Отже, комплекс експериментальних досліджень зміни показників якості вафельних виробів при зберіганні показав, що введення в рецептуру вафель синбіотичного комплексу забезпечує стабільну якість і сприяє кращій збереже-

ності готових виробів протягом усього терміну зберігання. При цьому органолептичні показники виробів не змінюються, мінімізується мікробна контамінація продукції, не відбувається глибоких фізико-хімічних перетворень. Також введення синбіотичного комплексу дає змогу рекомендувати розроблені вироби як профілактичний засіб для людей, які страждають порушенням нормальної мікрофлори кишечника.

Література

1. Матвеева Т.В., Корячкина С.Я. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технология, рецептуры. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2016. 360 с.
2. Петрова Л.А., Ахмедова Т.П. Сахарное печенье с нетрадиционными добавками. Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2016. № 2. С. 73—78.
3. Лазарева Т.Н., Корячкина С.Я., Лазарев П.Н. Разработка технологии пряничных изделий функционального назначения. Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века: материалы IV Международной научно-практ. конференции, Краснодар, 17—19 сентября 2015 г. С. 197—198.
4. Тарасенко І.В., Дорохович В.В., Іванов С.А. Вплив безглютенового борошна на вафельні вироби та перебіг технологічних процесів. Продовольчі ресурси. 2014. № 3. С. 36—39.
5. Вафли с функциональными свойствами / И.Б. Красина и др.. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2008. № 1. С. 41—42.
6. Дорохович А.М., Олексієнко Н.В. Класифікація борошняних кондитерських виробів за домінуючими чинниками, що визначають терміни їх зберігання. *Наукові праці Українського державного університету харчових технологій*. 2000. № 6. С. 65—67.
7. Тарасенко Н.А., Красина И.Б., Денисенко Ю.Г. Диетические вафли с подсластителем из стевии. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2010. № 2—3. С. 43—44.
8. Tarasenko N.A. Krasina I.B. The effect of pro- and prebiotics on the rheological properties of the model of structured disperse systems. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 2014. № 10 (2). P. 99—104. Doi: 10.3844/ajbbsp.2014.99.104.
9. Лозова Т.М. Улучшение потребительских свойств вафель с использованием нетрадиционного сырья. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2014. № 2/12. С. 108—113.
10. Красина И.Б. Хашпяканц Б.О., Джахимова О.И. Кондитерские изделия для диетического питания. Инновационные направления в пищевых технологиях: Материалы 5 Международной науч.-практ. конф., Пятигорск, 26—29 марта, 2012. Пятигорск, 2012. С. 210—212.
11. Тарасенко Н.А. Влияние пищевых волокон на формирование потребительских свойств и сроки хранения сахарных вафель. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2013. № 4. С. 81—82.
12. Čukelj Nikolina, Putnik Predrag, Novotni Dubravka, Curic Duska Market potential of lignans and omega-3 functional cookies. *British Food Journal*. 2016. Vol. 118. № 3. P. 2420—2433. Doi: 10.1108/BFJ-03-2016-0117.
13. Коркач А.В. Разработка жировой начинки для вафельных изделий с использованием синбиотиков. Продовольственная безопасность в контексте новых идей и решений: Материалы Международной научно-практической конференции, г. Семей. Казахстан, 2017. Т. 2. С. 29—32.
14. Korkach H. Research intoeffect of the synbiotic complex on the quality of a fat filling for waffles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 5/11(89). P. 18—25. Doi: 10.15587/1729-4061.2017.110598.

MODERN METHODS OF DETERMINING SHELF LIFE OF NUTRITION PRODUCTS AND WAYS OF ITS DEVELOPMENT

N. Frolova

National University of Food Technologies

Key words:

Shelf life
Product spoilage
processes
Critical quality attributes
Programming
Testing
Kinetic models

Article history:

Received 05.09.2018
Received in revised form
28.09.2018
Accepted 18.10.2018

Corresponding author:

N. Frolova
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

This article summarizes the scientific, practical, commercial bases of modern methods of determining shelf life of nutrition products, including those of revitalizing action. The criteria for assessing food quality changes during storage were analyzed allowing to control the processes reaction rates that are responsible for product spoilage. It is demonstrated that for an adequate determining shelf life of nutrition products one should systematically approach selection of identification criterion of change of quality indicators during storage, establish and examine mechanisms of relevant processes under provisions and laws of food and physical chemistry, unveil reactions accompanied by loss of a complex of substances with biological effect. The promising way for forecasting expiry date and shelf life of separate groups of nutrition products is “accelerated ageing” and logical sequence of mathematical and statistical methods of processing results of the active experiment.

“Accelerated ageing” method — ASLT (Accelerated Shelf Life Testing) means accelerated change of quality indicators of a product under extreme conditions of storage (elevated temperature, high humidity etc.). Such a way allows significantly save time and control in express mode the key quality indicators. Realization of the ASLT method consists in choice of kinetic factors for acceleration of the process; realization of experimental studies concerning change in chosen quality indicators owing to kinetic factors of spoilage during a short time period; choice of an adequate kinetic model with extrapolation to real shelf life and using the obtained data for forecasting shelf life.

For determination of shelf life the theory of regression analysis with the construction and evaluation of the adequacy of the regression model on the basis of mathematical planning and processing of the results of the active experiment is applied. Determining real shelf life of nutrition products requires a comprehensive approach to studying physical, microbiological, oxidative processes during storage aimed at detection of signs of their spoilage: peroxides, free fatty acids, level of loss of functioning biologically active substances.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-21

СУЧАСНІ СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ І ШЛЯХИ ЇХ РОЗВИТКУ

Н.Е. Фролова

Національний університет харчових технологій

У статті узагальнено наукові, практичні, комерційні основи сучасних способів визначення термінів зберігання харчових продуктів, в тому числі оздоровчої дії. Проаналізовано критерії оцінювання змін якості харчових продуктів впродовж зберігання, що дає змогу контролювати швидкість перебігу процесів псування продуктів. Показано, що для адекватного визначення термінів зберігання харчових продуктів необхідно системно підходити до обрання критеріїв ідентифікації змін показників, їх якості впродовж зберігання, встановлювати та досліджувати механізми відповідних процесів за положеннями і законами харчової та фізичної хімії, розкривати реакції, що супроводжуються втратами комплексу речовин біологічної дії.

Перспективним для прогнозування термінів придатності та зберігання окремих груп харчових продуктів є спосіб «прискореного старіння» ASLT (Accelerated Shelf Life Testing), що означає прискорену зміну показників якості продукту в екстремальних умовах зберігання (при підвищеній температурі, вологості тощо). Такий спосіб дає змогу значно заощадити час і контролювати в експрес-режимі ключові показники якості. Реалізація способу ASLT полягає у виборі кінетичних факторів для прискорення процесу; реалізації експериментальних досліджень щодо змін обраних показників якості від кінетичних факторів псування за короткий період часу; виборі адекватної кінетичної моделі з екстраполяцією на реальний режим зберігання та використанні отриманих даних для прогнозування терміну зберігання.

Для встановлення термінів зберігання застосовується теорія регресивного аналізу з побудовою й оцінкою адекватності регресійної моделі на основі математичного планування й обробки результатів активного експерименту. Встановлення дійсних термінів зберігання харчових продуктів вимагає комплексного підходу до вивчення фізичних, мікробіологічних, окислювальних процесів впродовж зберігання з метою виявлення ознак їх псування: перекисів, вільних жирних кислот, ступеня втрати дійових біологічно активних речовин.

Ключові слова: термін зберігання, процеси псування, критичні показники якості, програмування, тестування, кінетичні моделі.

Постановка проблеми. Використання в технологіях харчових продуктів сурогатів натуральних продуктів викликає у споживача бажання захистити себе від їх шкідливого впливу. Однією з соціальних форм такого захисту є поширення продуктів оздоровчого харчування, адаптованих до організму людини [1].

Зростаюча потреба в оздоровчих харчових продуктах обумовлює підвищену увагу до визначення термінів їх придатності та зберігання. Водночас

пошук раціонального рішення суперечливих вимог споживачів щодо мінімальної обробки продукту з можливістю тривалого зберігання вимагає від науковців і спеціалістів вдосконалювати методи визначення термінів зберігання на основі наукового встановлення та контролю факторів, що спричиняють початок і розвиток процесів псування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Усі харчові продукти складаються з біоматеріалів, які з часом змінюють свої властивості, розкладаються та псуються. Процес псування — це об'єктивний процес. Його неможливо зупинити зовсім, можливо тільки цілеспрямовано управляти та сповільнювати.

Фахівці, до основних факторів впливу на процеси псування відносять правильний підбір рецептурних інгредієнтів харчового продукту, режими технологічного оброблення, способи упакування, транспортування, дотримання встановлених термінів зберігання за рекомендованих умов [2].

Для визначення раціональних термінів зберігання продуктів необхідно знати закономірності перебігу процесів псування, застосувати сучасні методи моделювання. Враховуючи, що псування продуктів проходить переважно під час їх зберігання і є функцією часу, моделі мають будуватися за законами кінетики [3]. Також терміни зберігання харчових продуктів, як правило, визначаються на підставі комерційної доцільності та вимог безпеки [4].

Значна кількість публікацій, присвячених визначенню термінів зберігання харчових продуктів, свідчить про широкий інтерес до цієї теми як серед фахівців харчових технологій [5], так і науковців усього світу [6].

Мета дослідження полягає в аналізі сучасних способів визначення термінів зберігання харчових продуктів та визначенні шляхів їх розвитку.

Викладення основних результатів дослідження. Обговорюючи сучасні способи визначення термінів зберігання, зазначимо, що нині випробування проводять за трьома напрямками:

- традиційні випробування відповідно до вимог документації з певною періодичністю;

- застосування методів математичного моделювання зміни якості харчових продуктів із прогнозуванням терміну зберігання;

- застосування прискорених способів старіння.

При традиційних випробуваннях можуть бути такі варіанти тестування [6]:

- оптимальних умов зберігання для підтримки найбільш тривалого реального терміну зберігання;

- типових (усереднених) умов зберігання продукту, які можна застосувати для терміну зберігання, прийняттого як для виробника, так і для споживача;

- несприятливих (екстремальних) умов зберігання, які забезпечують продукту безпеку «із запасом».

Для визначення терміну зберігання залежно від виду продукту і механізмів його псування, як правило, застосовують такі види тестів:

- мікробіологічні аналізи;

- хімічні аналізи;

- тестування фізичних показників (наприклад, вимірювання реологічних характеристик);

- органолептична оцінка.

Для швидкого отримання необхідної інформації про терміни зберігання харчової продукції у світі, зазвичай, застосовується метод прискореного випробування терміну зберігання (ASLT — Accelerated Shelf-Life Test) або метод «штучного старіння» [7]. Поняття прискореного тестування терміну зберігання може бути застосоване до будь-якого продукту, для якого відома адекватна кінетична модель зниження якості. Цей метод дає змогу істотно скоротити тривалість експериментів за рахунок збільшення швидкості реакцій псування продукту [8; 9].

Властивості оздоровчих харчових продуктів вимагають більш чітких підходів до способів визначення терміну їх придатності та зберігання з системним контролем та управлінням біохімічними, фізико-хімічними процесами, не допускаючи руйнування та модифікацій комплексу біологічно активних речовин.

Терміном зберігання продукту буде час, після якого найбільш критичний (першочергово схильний до змін) показник якості (КПЯ) досягне рівня, неприйняттого для зберігання продукту і реалізації без втрат функціональних властивостей.

Контроль КПЯ надає можливість науково обґрунтувати терміни зберігання і придатності харчових продуктів, а на основі динаміки зміни КПК побудувати математичну модель, що враховує швидкість зміни кожного з критичних показників якості.

Для оздоровчих продуктів важливими є біотичні фактори, що розвиваються в середині продукту, зокрема стабільність джерела функціональних інгредієнтів, напрями технологічного оброблення; активність води (доступна вода); рН (загальна кислотність); наявність консервантів, включаючи сіль і прянощі; природна мікрофлора; доступний кисень; природні біохімічні фактори (ферменти, хімічні реагенти). До абіотичних факторів (зовнішні ризики) слід віднести тип теплового оброблення (концентрування, перегонка, сушіння тощо; склад газу у вільному просторі над продуктом в упаковці; відносна вологість, світло (УФ та ІЧ). Означені біотичні, абіотичні впливові фактори рідко діють незалежно, але вказаний розподіл факторів на групи створює зручну основу для обговорення. Зазначимо, що вони не завжди є шкідливими, і в деяких випадках необхідні для розвитку запланованих властивостей продукту.

У таблиці зібрана інформація про процеси, які з різною інтенсивністю відбуваються в харчових продуктах при їх зберіганні, і впливові фактори, що можуть стати причиною псування [4; 6; 10; 11].

Таблиця. Процеси і впливові фактори

Харчовий продукт	Процеси, за якими відбувається псування	Впливові фактори
1	2	3
Хрусткі борошняні кондитерські вироби	Міграція вологи (розм'якшення), окислення, ламкість	Волога, температура, кисень, світло, механічні ушкодження
Льодяники	Міграція вологи, кристалізація цукру	Температура, вологість
Молочні продукти	Окислення, згіркнення, кристалізація лактози	Кисень, температура

1	2	3
Плодоягідна сировина	Ферментативне розм'якшення, розмноження мікроорганізмів, пошкодження, втрата вологи	Температура, світло, волога, механічні ушкодження
Листові овочі	Ферментативна активність, втрата вологи, розмноження мікроорганізмів	Температура, світло, кисень, активна вода
Сухі зернові сніданки	Міграція вологи (розм'якшення), ретроградація крохмалю, окислення, ламкість	Волога, температура, механічні ушкодження

Проведений аналіз теоретичних подань визначення термінів зберігання, опублікованих у сучасному інформаційному полі [2—10], дав змогу сформулювати ряд ключових положень їх використання та розвитку, зокрема:

- при встановленні терміну зберігання першочергово слід оцінити ризики (впливові фактори), за якими ймовірна зміна якісних показників продукту з нарощуванням процесів псування;

- між процесами псування харчових продуктів існує певна кореляція, і в більшості випадків відбуваються всі процеси за різної інтенсивності. Як правило, вони пов'язані між собою за законами нелінійної залежності і проявляють стимулювання або пригнічують один одного;

- визначати характеристики готового продукту, що роблять його неприйнятним для споживача. Таким чином встановлюються критичні параметри якості, що обмежують термін зберігання. Для оздоровчих продуктів є рівень діючих БАР, органолептичні властивості та показники безпеки;

- відхилення значень якісних показників готового продукту від початкових, що є сигналом початку процесів псування продукту. Інтенсивність перебігу процесів псування в продукті також залежить від стабільності показників якості вихідної сировини;

- використання методів математичного моделювання. Це дає змогу прогнозувати розвиток процесів псування як в регламентованих умовах, так і в екстремальних режимах. Отримана кінетична модель характеризує швидкість зміни критичних показників якості продукту (КПЯ) від ключових параметрів процесів, що мають місце при зберіганні.

Розвитком способів визначення термінів зберігання є використання експрес-способу прискореного тестування — ASLT (Accelerated Shelf Life Testing) [7]. Термін «прискорене старіння» означає прискорену зміну показників якості продукту в екстремальних умовах зберігання (при підвищеній температурі, вологості тощо). Спосіб прискореного штучного старіння значно заощаджує час і забезпечує контроль ключових показників якості в експрес-режимі.

Спосіб ASLT реалізується за такими етапами:

- вибір кінетичних факторів для прискорення процесу;
- експериментальні дослідження змін обраних показників якості від кінетичних факторів псування за короткий період часу. На цьому етапі вирішаль-

не значення має валідність (обґрунтованість) вибору контрольованих показників якості;

- вибір адекватної кінетичної моделі з екстраполяцією на реальний режим зберігання;

- використання отриманих даних для прогнозування терміну зберігання .

У кінетичну модель обов'язково повинна включатися температура, значення якої істотно впливають на швидкість локальних хімічних реакцій. При цьому вводиться критерій Q_{10} , який показує, наскільки швидше відбувається реакція при підвищенні температури на кожні 10°C . Відомо, що з підвищенням стандартної температури на 10°C , швидкість хімічної реакції в рідких середовищах збільшується в два рази (формула 1):

$$Q_{10} = \frac{K_t + 10}{KT}, \quad (1)$$

де K — швидкість хімічної реакції за досліджуваної температури t ; T — абсолютна температура.

Критерій Q_{10} використовується для прогнозування очікуваного терміну зберігання харчових продуктів [6]. Якщо за температури 30°C показник $Q_{10} = 2$ і продукт стабільний протягом десяти тижнів, то при стандартній температурі повітря в сховищі (20°C) стабільність продукту становитиме: 2×10 тижнів = = 20 тижнів. Простота використання критерію Q_{10} дає змогу швидко отримати необхідні результати при мінімальних практичних зусиллях.

Для багатокомпонентних оздоровчих продуктів визначення терміну зберігання на основі способу ASLT є актуальним за якісним контролем дійової БАР продукту. При цьому вводиться припущення про незалежність перебігу відповідних процесів. Тоді кожен процес псування буде контролюватися окремою дискретною величиною. Пропонується використовувати принцип контролю КПК, який кількісно характеризує динаміку зміни дійових БАР упродовж зберігання досліджуваного продукту.

Прикладом успішного використання прискореного методу тестування (ASLT з використанням моделі Арреніуса і критерію Q_{10}) є визначення терміну придатності функціонального напою на основі трав'яного червоного чаю (*Hibiscus sabdariffa*) і плодово-ягідних соків [8]. Функціональними інгредієнтами рецептури обрані сухі екстракти плодово-ягідної сировини. Новий функціональний напій призначений для профілактики серцево-судинних захворювань. Встановлено термін зберігання функціонального напою — 3,7 місяця за вмістом антоціанів, найменш стабільних БАР до зростання температури. Показано, що термін зберігання можна продовжити до 11—12 місяців, якщо в рецептурі збільшити кількість сухих екстрактів з високим вмістом флавоноїдів

Для швидкопсувних продуктів, для яких критичним показником (КПЯ) є зростання мікрофлори, успішно застосовуються моделі росту мікробів, побудовані за рівнянням Арреніуса або рівнянням Рутківського [12]. Для ряду жировмісних харчових продуктів досліджена залежність швидкості окислення жирів (КПЯ) від умов зберігання з використанням коефіцієнта Моно [13]. Зростання швидкості окислення ліпідів з ростом температури зберігання

описується рівнянням Арреніуса, що з достатньою точністю дає змогу передбачити термін придатності продуктів дитячого харчування.

Згідно з літературними даними, у багатьох випадках залежність швидкості КПЯ від факторів псування при зберіганні задовільно описується рівнянням Арреніуса (формула 2):

$$K = K_0 \cdot \exp \frac{Ea}{RT}, \quad (2)$$

де K_0 — константа швидкості псування; R — газова постійна; T — абсолютна температура; Ea — енергія активації, додатковий енергетичний бар'єр, який необхідно подолати для запуску механізму псування.

В основі такого підходу лежить вивчення механізму і кінетики процесів, що визначають зниження Ea в процесі зберігання. Енергію активації процесу визначають за графіком залежності натурального логарифма константи швидкості процесу від зворотної температури процесу, вираженою в градусах Кельвіна.

Такий підхід успішно використовується для прогнозування термінів зберігання сухих харчових продуктів, соків, овочів, контролю зниження вмісту вітамінів оздоровчих продуктах, при прогнозуванні мікробної псування молокопродуктів і охолодженої риби [14].

Переваг для застосування даних з кінетики реакцій псування безліч. Це надає можливість використовувати стандартну методологію для аналізу даних, що давно успішно перевірені в дослідженнях з багатьох технологій [8; 10; 14; 15].

Ефективним способом встановлення термінів зберігання нових оздоровчих продуктів є застосування теорії регресивного аналізу для побудови й оцінки адекватності регресійної моделі на основі математичного планування й обробки результатів активного експерименту [5]. Функцією відгуку в цьому випадку є період (доба), що відповідає терміну зберігання продукту. Як контроль використовуються зразки до моменту початку погіршення органолептичних показників. Враховувати мікробіологічні, фізико-хімічні показники зміни якості при псуванні дають змогу моделі багатофакторного дисперсійно-регресійного аналізу. У таких моделях відгук (модельований параметр) відіграє роль залежної змінної, а фактори, що впливають на модельований параметр, — роль незалежних змінних з обмеженим числом можливих значень (рівнів). Це істотно скорочує кількість спостережень, дає змогу провести коректний статистичний аналіз, що виключає випадкові взаємодії факторів.

Окислення ліпідів є одним з основних процесів, що обмежують терміни зберігання харчових продуктів. Швидкість окислення ліпідів з ростом температури зберігання зростає експоненціально і тому досить добре описується рівнянням Арреніуса [13].

Окислення ліпідів призводить до утворення безлічі різних з'єднань, які можуть формувати небажаний смак і запах. Наукові дослідження підтверджують зв'язок органолептичних показників з результатами вимірювань тіобарбітурового числа (показника окислення ліпідів) і накопиченням легких сполук, які виділяються з вільного простору над пробами продукту [14].

У переважній більшості здатність харчових ліпідів до псування залежить від ступеня ненасиченості складових їх жирних кислот, їх доступності та наявності активаторів або інгібіторів [6].

Рушійним фактором псування ліпідів є активність ліпаз як ендогенного, так і мікробіологічного походження. Це запускає зміни функціональних властивостей молочних продуктів, а також появу речовин, носіїв мильного або згіркого присмаків. Оскільки смакоароматичний поріг цих речовин, зазвичай, низький (наприклад, для гексанової кислоти — 14 ppm), то навіть дуже слабка активність ліпази може істотно впливати на якість продукту.

Проблеми відповідності заявленого терміну придатності функціональних кондитерських виробів фактичному терміну зберігання обумовлюють розробку способів встановлення реальних строків з прогнозуванням розвитку процесів втрати дійових БАР. Такі висновки ґрунтуються на заміні рецептурних функціональних компонентів на інші з метою зниження собівартості продукції. Це призводить до інформаційної фальсифікації та до змін показників якості виробів і заявлених термінів зберігання.

Особливо це стосується жиромісних борошняних кондитерських виробів, збагачених функціональними інгредієнтами. Практично всі зміни якості таких кондитерських виробів при зберіганні пов'язані зі змінами стану жирової або водної фази. Так, зміна окислювальної стабільності використовуваних жирів на вході в технологічну систему призводить до коливань її стабільності на виході та зміни терміну зберігання оздоровчого продукту [16].

Встановлення дійсних термінів зберігання функціональних кондитерських виробів вимагає комплексного підходу до вивчення фізичних, мікробіологічних, окислювальних процесів впродовж зберігання і насамперед до обґрунтування вимог до показників окислювального псування використовуваних жирів і зменшення вмісту насичених жирних кислот і транс-ізомерів ненасичених жирних кислот [10]. У цьому аспекті ефективно також досліджувати зміни органолептичних, фізико-хімічних показників якості кондитерських виробів з прогнозуванням кінцевого терміну зберігання. Це забезпечить виробництво функціональних кондитерських виробів високої якості з подовженими термінами зберігання.

За показниками окисного псування жирів розроблені методи прогнозування терміну зберігання згущених молочних консервів, борошняних кондитерських виробів з масовою часткою вологи менше 10% за зміною жирокислотного складу, часу індукції ліпідів, хімічного складу токоферолів [12].

Г.Г. Жариковою із співавторами [17] запропонований спосіб визначення терміну придатності шоколадних цукерок, заснований на термічному старінні досліджуваних зразків цукерок при витримці за підвищених температур протягом одного місяця. За вмістом у досліджених зразках загальної кількості мікроорганізмів визначається термін придатності досліджуваних зразків цукерок.

У дослідженні І.А. Рогова [18] показано зв'язок терміну зберігання біоферментованих молочних продуктів з осмотичними умовами і ступенем активності води. Вода, як відомо, є основним компонентів всіх біологічних систем, в тому числі харчових продуктів.

Висновки

1. Обґрунтування реального терміну зберігання базується на поняттях безпеки, якості та на комерційних рішеннях.
2. Термін придатності харчового продукту означає період часу, протягом якого цей продукт реалізується без істотних функціональних властивостей. Термін зберігання — це крайній термін зберігання продукту, після закінчення якого продукт непридатний для вживання.
3. Перевіреною способом прогнозування терміну зберігання харчових продуктів є спосіб прискореного тестування — ASLT (Accelerated Shelf Life Testing). Це спосіб прискореного штучного старіння, заснований на застосуванні одиничного чинника прискорення. Найчастіше таким фактором, як зазначалося вище, виступає температура. Розвитком цього способу є використання декількох факторів прискорення, що забезпечує отримання адекватного коефіцієнта Q_{10} при мінімальній помилці прогнозу.

Література

1. Українець А.І., Сімахіна Г.О. Технологія оздоровчих харчових продуктів: курс лекцій для студентів «Харчові технології і інженерія» денної і заочної форм навчання. Київ: НУХТ. 2009. 310 с.
2. Колтунов В.А., Белінська Е.В. Технологія зберігання продовольчих товарів: підруч. Київ: Центр навч. літератури, 2014. — 138 с.
3. Силка І.М., Гуць В.С., Фролова Н.Е. Кінетична модель зміни якості новітніх харчових продуктів. *Харчова наука і технологія*. 2016. Vol. 10, № 1. С. 11—15.
4. Килкас Д., Субраманиам П. Стабильность и срок годности. Безалкогольные напитки, соки, пиво и вино: учеб. Санкт-Петербург: Профессия, 2012. 440 с.
5. Фролова Н.Е. Теоретичне обґрунтування і розроблення технологій натуральних концентрованих ароматизаторів із ефіроолійної сировини: автореф. дис. д-ра техн. наук: спец. 05.18.06 «Технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів» / НУХТ. Київ, 2017. 48 с.
6. Стеле Р. Срок годности пищевых продуктов: расчет и испытание: учеб. 2006. 480 с.
7. A general protocol for evaluating new or existing products under accelerated shelf-life testing (ASLT). Загальний протокол для оцінки нових або існуючих продуктів під прискорених випробувань терміну придатності (ASLT).
8. Матвеева Н.А., Хасанов А.Р. Прогнозирование срока годности методом ускоренного тестирования в технологии напитков функционального назначения. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 2016. № 4. С. 75—82.
9. Reid D. et al. A new method for accelerated shelf life prediction for frozen foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2003. Vol. 83. No. 10. P. 1018—1021.
10. Скокан Л.Е., Аксенова Л.М., Кондратьев Н.Б. Основные аспекты прогнозирования и обеспечения увеличенных сроков годности кондитерских изделий. Актуальные проблемы в области создания инновационных технологий хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов: матер. Всерос. конф., г. Углич, 20—22 июня, 2010 г. Углич, 2010. С. 229.
11. Штерман С.В. и др. Обобщенная методика прогнозирования сроков длительного хранения пищевых продуктов. *Пищевая промышленность*. 2014. № 5. С. 24—28.
12. Александровский С.А. Применение уравнения Аррениуса для оценки потери питательных компонентов при пастеризации молока. *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. № 24, Т. 17. С. 178—181.

13. Родникова А.А. и др. Применение метода ускоренного старения для определения срока годности масла подсолнечного рафинированного дезодорированного. *Кондитерское производство*. 2014. № 2. С. 30—32.

14. Сидоренко О.В. Наукове обґрунтування і формування споживних властивостей продуктів з прісноводної риби та рослинної сировини: дис. докт. техн. наук: 05.18.05 «Говарознавство». КНТЕУ. Київ, 2009. 327 с.

15. Фролова Н.Е., Коваль О.А., Силка І.М. Прогнозування строку придатності натуральних ароматизаторів із ефіроолійної сировини. *Товари і ринки*. 2011. № 2. С. 149—155.

16. Дорохович А., Гавва Е., Дорохович В. Продлить хранение кондитерских изделий вполне возможно. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2012. № 1. С. 14—17.

17. Патент 2380701 РФ, МПК 7G01C1, G01N 33/02. Способ определения срока годности шоколадных конфет по микробиологическим показателям / Жарикова Г.Г., Леонова И.Б.; заявитель и патентообладатель Жарикова Г.Г. № 2008126418/13; заявл. 10.07.08; опубл. 27.01.10, Бюл. № 3, 2010 г.

18. Рогов И.А. и др. Исследование зависимости срока годности биоферментированных кисломолочных продуктов от осмотических условий и активности воды. *Биотехнология. Вода и пищевые продукты*: Сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 11—13 марта 2013 г.). Москва, 2013. С. 323.

SOME CONSUMER CHARACTERISTICS OF THE FERMENTED DAIRY PRODUCTS

N. Omelchenko, V. Kucheryava, M. Rogozynskyi, O. Nechyporenko
Chernivtsi faculty of National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

Key words:

Fermented milk product
Kefir
Ferment
Bacterial composition
Characteristics

Article history:

Received 07.09.2018
Received in revised form
20.09.2018
Accepted 16.10.2018

Corresponding author:

N. Omelchenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

A rational and well-balanced nutrition is an important factor in maintenance of the normal functioning of human organism, increasing its antimicrobial resistance and overall stability in the unfavorable environmental conditions. There are many easy-to-digest compounds in the fermented milk products and this fact ensures their value as a traditional component in the everyday ration of Ukrainians.

Our everyday schedule is quite busy and it makes us thinking of the healthy nutrition. Kefir, sour cream, fermented baked milk and curdled milk — these healthy products are well-known to us since the childhood. Moreover, many TV advertisements are used to reminding us about ‘the live lactic bacteria’ hurrying to help an organism tired after unhealthy way of nutrition.

There are many dairy production factories, which manufacture various fermented milk goods. Even though the technology of their production is comparatively difficult, the technologists keep developing new and new solutions for production of new kinds of the goods. Any fermented milk product starts from the ferment that can be obtained after adding some strains of the lactic bacteria to milk. It is important to understand which kinds of the ferment can be more appropriate in each region of production, for instance, in Bucovina.

The results of analysis of the ferments used in manufacturing of kefir are reported in the paper. The bacterial composition has been analyzed and it was found that the main bacterial strains were *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus diacetylactis*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Streptococcus thermophilus* and some yields unable to take part in lactose souring (*Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae*). Finally the acetic acid bacteria *Acetobacter aceti* have also been identified in the experimental material. An organoleptic investigation of the consumer values of the examples has been carried out and the overall quality estimation was performed. It was found that a ratio between main microorganisms present in the ferments is dynamic. It is possible to govern the product’s organoleptic qualities through changes in the ratio. It was proven that the kefir ferment by “Iprovit” fits the best with the local milk sources of Bucovina.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-22

СПОЖИВЧІ ВЛАСТИВОСТІ ФЕРМЕНТОВАНИХ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Н.М. Омельченко, В.А. Кучерява, М.С. Рогозинський, О.В. Нечипоренко
Чернівецький факультет Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Раціональне та збалансоване харчування населення відіграє важливу роль у забезпеченні оптимальної діяльності організму споживача, формуванні його стійкості до дії інфекцій, екологічно несприятливих чинників тощо. Традиційною стравою у харчуванні українців є кисломолочні продукти, у яких основні поживні речовини наявні в легкозасвоюваній формі.

Ритм сучасного життя змушує нас обирати здорове харчування. Кефір, сметана, ряжанка, кисле молоко — усім з дитинства відомо про користь цих продуктів. До того ж телевізійна реклама щодня нам нагадує про «живі бактерії», що поспішають на допомогу стомленому безладним харчуванням організму.

В Україні працює чимало підприємств з виробництва кисломолочної продукції. Хоча процес виробництва кисломолочних продуктів досить складний, технологи не перестають розробляти схеми для випуску нових видів такої продукції. Основою будь-якого кисломолочного продукту є закваска, що виходить при додаванні в різні види молока визначених молочнокислих бактерій, так званих штамів. Для того, щоб отримати якісний продукт, важливо визначити, які саме типи заквасок підходять для конкретного регіону, у нашому випадку для Буковини.

*У статті проведено аналіз асортименту заквасок, що використовуються для виготовлення кефірів. Проаналізовано їх бактеріальний склад, що переважно представлений молочнокислими бактеріями *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus diacetylactis*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Streptococcus thermophilus*, дріжджами, нездатними до зброджування лактози *Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* та оцтовокислими бактеріями *Acetobacter aceti*. Здійснено органолептичну оцінку споживчих властивостей та аналіз якості отриманих кефірів. Встановлено, що співвідношення між основними групами мікроорганізмів досліджуваних кефірних заквасок є динамічним, коригуючи його, можна впливати на органолептичні характеристики кінцевого продукту. Експериментально визначено, що кефірна закваска ТМ «Іпровіт» оптимально адаптована до молочної сировини сировинної зони Буковини.*

Ключові слова: кисломолочний продукт, кефір, закваска, бактеріальний склад, властивості.

Постановка проблеми. Проблема забезпечення населення України збалансованим харчуванням в умовах сьогодення набуває особливої актуальності. У рамках національної стратегії збереження здоров'я нації сьогодні в Україні відбувається переосмислення культури споживання їжі. Нині органі-

зація харчування ґрунтується на принципах концепції збалансованого харчування, розробленій акад. А.А. Покровським, та на положеннях теорії адекватного харчування, сформульованій акад. А.М. Уголевим. Остання зосереджена на функції вторинних метаболітів в організмі і передбачає, що харчування має бути не тільки збалансованим, але й відповідати можливостям організму і природним механізмам засвоєння їжі.

Зважаючи на сучасні екологічні умови, раціон харчування людини повинен містити в собі природні біологічно активні речовини, які здатні підвищувати резистентність організму [1].

Молочна промисловість — одна з провідних галузей агропромислового комплексу України: питома вага молочної галузі в загальному обсязі харчової та переробної промисловості складає 11% [2]. Молочні продукти становлять обов'язкову складову раціону харчування кожної людини, тому увага до виробництва молочної продукції є значною.

Для молочної промисловості відкрилися нові можливості для розробки і впровадження продуктів підвищеної харчової й біологічної цінності. Ці можливості успішно реалізуються провідними вченими і виробниками завдяки біотехнологічним прийомам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми розвитку біотехнології кисломолочних (ферментованих молочних) продуктів спеціального призначення досліджували такі українські та зарубіжні вчені: Н.Ф. Кігель, Т.А. Скорченко, Ю.Р. Гачак, Н.Б. Сливка, І.М. Турчин, Г.Є. Поліщук, І.О. Романчук, Н.Б. Гаврилова, Л.А. Забодалова, В.Ф. Семеніхіна, В.И. Ганіна, А.Г. Храмцов, Б.А. Шендеров, А.У. Tamime, Р.К. Robinson, М.Е. Sharpe, Р.М. Fry та інші.

Найбільш активні розробки ведуться в напрямку інтенсифікації та удосконалення технологічних процесів виробництва молочних продуктів, а також збільшення харчової та біологічної цінності молочних продуктів, їх стійкість при зберіганні, створення нових видів продуктів, зокрема для дієтичного та дитячого харчування, заміників цільного молока для потреб тваринництва, більш повного та ефективного використання вторинної сировини (знежиреного молока, сироватки та скотини).

Асортимент кисломолочних продуктів на вітчизняному ринку досить різноманітний, проте серед них часто переважають ті, що мають синтетичні, ненатуральні або умовно-натуральні зі зміненим хімічним складом і властивостями речовини. Штучні наповнювачі, стабілізатори, згущувачі, модифіковані молочні компоненти вторинної переробки знижують цінність натуральних кисломолочних продуктів. Тому особливо актуальним є створення синбіотичних кисломолочних продуктів, які б мали високі споживчі властивості та якість завдяки застосуванню суто натуральних компонентів [3]. Цього можна досягнути шляхом правильного підбору стартерних культур, які входять до складу закваски.

Кисломолочні продукти мають значну цінність з погляду фізіології харчування. Під дією молочної кислоти казеїн молока коагулює у вигляді дрібних пластівців, і засвоюваність кисломолочних продуктів покращується. У кислому молоці та кефірі міститься значна кількість жиророзчинних вітамінів А, D, Е, що накопичуються в результаті життєдіяльності бактерій. Сир і

кисломолочні напої багаті на солі фосфору, кальцію, магнію, які беруть участь в обміні речовин організму людини. Кумис, кефір, ацидофільно-дріжджове молоко містять діоксид вуглецю і молочну кислоту, залишки алкоголю, що справляють потужний секреторний вплив на травні залози, поліпшуючи таким чином процес травлення і засвоєння їжі. Кисломолочні продукти містять у достатній кількості незамінні амінокислоти, які легко засвоюються [3].

Кефір — традиційний продукт молочнокислого та спиртового бродіння [4; 5]. У той же час — це єдиний кисломолочний напій, який виробляють на природній симбіотичній заквасці — кефірних грибках [3; 6; 8].

Сквашування молока молочнокислими бактеріями й дріжджами широко використовується в Східній Європі, у т. ч. й в Україні, для виробництва кефіру й кумису. При цьому типі бродіння в продукті утворюється молочна кислота, спирт, двоокис вуглецю й ароматичний смакові речовини [3; 6]. Завдяки цьому кефір володіє всіма корисними властивостями кисломолочних напоїв і належить до дієтичних продуктів. Його унікальність зумовлена застосуванням кефірних грибків — живого природного симбіозу багатьох видів бактерій і дріжджів. У природну симбіотичну закваску для кефіру (кефірні грибки) входять лактококи (гомоферментативні мезофільні *L. lactis* і *L. cremoris*, гетероферментативні мезофільні *L. diacetylactis*, представники роду *Leuconostoc*, термофільний стрептокок *S. thermophilus*), лактобактерії (гомоферментативні *L. helveticus*, *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*; гетероферментативні *L. plantarum* *L. rhamnosus* (casei)), дріжджі й оцтовокислі бактерії [5; 7].

Отриманні шляхом змішаного бродіння кисломолочні продукти збагачені незначною кількістю спирту і вуглекислоти, а тому покращують роботу дихального та судинного центрів, злегка збуджують центральну нервову систему [8]. Систематичне вживання кисломолочних напоїв покращує здоров'я людини, підвищує стійкість до інфекцій і утворення пухлин, рекомендуються хворим, які мають харчову алергію, захворювання шлунково-кишкового тракту.

Ферментованими є харчові продукти, для виготовлення яких використовують мікроорганізми із високою біологічною активністю. У процесі життєдіяльності мікрофлора заквасок зброджує вуглеводи вихідної сировини, утворюючи різні продукти метаболізму — органічні кислоти, вітаміни, амінокислоти, ефіри, антибіотичні речовини тощо. Тож у процесі ферментації зменшується калорійність продукту, зростає засвоюваність поживних речовин та підвищується біологічна цінність [6; 9].

Мета дослідження: проаналізувати різні види заквасок для виготовлення кефіру термостатним способом та визначити оптимально адаптовану закваску до молочної сировини сировинної зони Буковини.

Матеріали і методи. Якісну оцінку кисломолочних продуктів, одержаних із використанням досліджуваних бактеріальних заквасок, проводили згідно із загальноприйнятими методиками та нормативними документами: ДСТУ ISO 707-2002 «Молоко і молочні продукти»; настанови з відбирання проб ДСТУ ISO 5538:2004 «Молоко і молочні продукти. Відбирання проб. Контроль за якісними показниками». Органолептичні показники кефіру (зовнішній вигляд, консистенцію, колір, визначали візуально, смак і запах) визначали органолептично. Активну кислотність визначали за ГОСТ 26781-85, титровану — за

ГОСТ 3624-92. Якісний бактеріальний склад мікрофлори кефірних заквасок визначали за ГОСТ 10444.11-89.

Результати і обговорення. Предметом дослідження були сухі бактеріальні закваски: «VIVO кефір» (розробки Державного підприємства бактеріальних заквасок технологічного інституту молока та м'яса «Альба-ТІММ»); «Кефір ТМ «Good Food» (італійського центру з дослідження та розвитку біохімії ВІОСНЕМ srl.), «Кефір» ТМ «Іпровіт» (виробництва Державного дослідного підприємства Інституту продовольчих ресурсів НААН України). Бактеріальний склад заквасок наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Бактеріальний склад досліджуваних заквасок

№ з/п	Найменування закваски	Склад закваски
1	Vivo кефір (Україна)	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis; Lactococcus lactis subsp. diacetylactis; Lactobacillus acidophilus; Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus; Lactobacillus casei; Acetobacter aceti; Streptococcus salivarius subsp. thermophilus; Saccharomyces unisporus</i>
2	Кефір ТМ «Іпровіт» (Україна)	<i>Мікрофлора кефірних грибків, Lactococcus lactis subsp. lactis, Streptococcus salivarius subsp. thermophilus, Saccaromices unisporus</i>
3	Кефір ТМ Good Food (Італія)	<i>Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris; Lactococcus lactis subsp. cremoris; Lactobacillus lactis subsp. lactis; Lactococcus lactis subsp. lactis biovar. diacetylactis; Lactobacillus acidophilus; Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus; Saccharomyces cerevisiae</i>

Завдяки такій широкій багатовидовій мікрофлорі в процесі сквашування кефіру відбувається накопичення широкої гами смакових і ароматичних речовин, які надають готовому продукту чистого кисломолочного запаху і специфічного освіжаючого смаку з «щипким» присмаком.

На першому етапі експерименту досліджували час та якість ферментації молока при використанні сухих заквасок. Як вихідну сировину використовували пастеризоване молоко з масовою часткою жиру 2,5%. Ферментацію заквашених зразків проводили термостатним способом у скляній тарі при температурі (37±1)°С. Період сквашування молочної сировини при одержанні зразків кефірів відповідно до рекомендацій виробників тривав від 6 до 8 год: за використання закваски ТМ «Іпровіт» — 6 год, закваски «Vivo кефір» — 7,5 год, ТМ Good Food — 8 год.

Протягом зазначеного часу ферментації в усіх досліджуваних зразках досягається ізоелектричний стан білків під впливом суміші молочної та оцтової кислот, активна кислотність досліджуваних зразків складає 4,52—4,75 рН. Визначення титрованої кислотності після закінчення періоду ферментації показало, що кефір, отриманий із використанням закваски ТМ «Іпровіт», має найнижче значення 90°Т, а при використанні закваски ТМ Good Food готовий продукт має найбільше значення титрованої кислотності 110°Т. Загалом, титрована кислотність досліджуваних зразків коливається в межах 90—110°Т, що відповідає вимогам НТД [10].

На другому етапі визначали органолептичні властивості отриманих кисломолочних продуктів. Увагу зосереджено, зокрема, на органолептичних показниках для визначення кращої закваски для виготовлення кефіру. Для цього було розроблено шкалу оцінки якості готового продукту. Органолептичні показники якості досліджуваних зразків визначалися за бальною шкалою (табл. 2).

Таблиця 2. Бальна шкала оцінки органолептичних показників продуктів

Показник	Бал	Коефіцієнт вагомості
Смак	5 — смак щипкий, без сторонніх присмаків і запахів; 4 — слабкий кисломолочний із легким присмаком; 3 — слабкий кисломолочний із солодкуватим присмаком; 2 — чистий кисломолочний; 1 — кисломолочний із сильним присмаком	0,28
Запах	5 — чистий, кисломолочний; 4 — характерний кисломолочний із легким ароматом; 3 — характерний кисломолочний; 2 — насичений аромат; 1 — кисломолочний із нехарактерним ароматом	0,24
Консистенція	5 — однорідна, в'язка, з непорушеним згустком; 4 — однорідна з ледве помітними включеннями; 3 — неоднорідна з включеннями; 2 — неоднорідна з помітними включеннями; 1 — неоднорідна з помітними включеннями, розшарування кисломолочної основи	0,25
Колір	5 — молочно-білий, рівномірний за всією масою; 4 — однорідний білий або білий з легким відтінком; 3 — неоднорідний білий з відтінком; 2 — білий із нехарактерним відтінком; 1 — неоднорідний білий із нехарактерним відтінком	0,23

Оцінку якості отриманих кефірів було проведено експертним методом, який ґрунтується на основних думках експертів. До складу експертної комісії входили 50 споживачів, які належали до різних соціальних груп і вікових категорій. Їм було запропоновано три види кефіру, виготовлених термостатним способом із використанням заквасок ТМ «Vivo», ТМ «Іпровіт» і ТМ «Good food».

Експертна комісія обрала стандартні показники якості: смак і запах, консистенцію, колір. У табл. 3 наведено ранжування за обраними показниками якості кефіру.

Таблиця 3. Ранжування експертною комісією органолептичних показників якості дослідних зразків продукту

Показник	Сума рангів	Коефіцієнт вагомості
Смак	4,2	0,28
Запах	3,7	0,24
Консистенція	3,8	0,25
Колір	3,3	0,23
Сума	15	1

Експертами оцінено органолептичні показники якості кефірів, отриманих із використанням досліджуваних заквашувальних культур. У табл. 4 наведено порівняльну характеристику органолептичних властивостей трьох видів кефіру.

Таблиця 4. Результати оцінки якості кефіру за органолептичними показниками

Продукт	Показник якості з урахуванням коефіцієнтів вагомості				Загальна оцінка продукту в балах
	Смак (0,28)	Запах (0,24)	Консистенція (0,25)	Колір (0,23)	
Закваска Vivo	4,0	3,8	3,4	3,3	14,5
Закваска Іпровіт	4,5	4,1	4,2	3,5	16,3
Закваска Good food	4,1	4,0	4,0	3,1	15,2

Дегустаційна комісія відзначила високі органолептичні властивості всіх досліджуваних зразків. Особливо позитивними відтінками смаку і запаху відрізнявся кефір, виготовлений із кефірної закваски ТМ «Іпровіт».

Виробництво кефіру регулюється міжнародними та державними нормативними документами. Цей напій відповідно до Закону України «Про молоко та молочні продукти» визнається кефіром лише тоді, коли він виготовляється зі застосуванням кефірних грибків чи кефірної грибкової закваски [11]. До нормальної мікрофлори кефірної закваски належать такі основні групи бактерій: гомо- і гетероферментативні молочнокислі коки родів *Lactococcus*, *Leuconostoc*, молочнокислі палички роду *Lactobacterium*, дріжджі та оцтовокислі бактерії *Acetobacter aceti* [7].

Також досліджено якісний склад мікрофлори грибкових кефірних заквасок. Встановлено, що мікрофлора заквасок представлена молочнокислими бактеріями *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus diacetylactis*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Streptococcus thermophilus*, дріжджами, нездатними до зброджування лактози *Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* та оцтовокислими бактеріями *Acetobacter aceti*. Співвідношення між групами бактерій є динамічним. Мікробіота кефірної закваски ТМ «Іпровіт» є найбільш придатною для сквашування молочної сировини сировинної зони Буковини.

Висновки

Кефірна закваска ТМ «Іпровіт» оптимально адаптована до молочної сировини досліджуваної сировинної зони.

Співвідношення між основними групами мікроорганізмів кефірних заквасок є динамічним, коригуючи його, можна впливати на органолептичні характеристики кінцевого продукту.

Подальший напрямок досліджень вбачається у вивченні якісного та кількісного складу фруктових добавок для одержання функціональних молочних продуктів і розширення асортименту місцевих підприємств.

Література

1. Турчин І., Гамкало Х., Войчишин А. Використання молочної сироватки при виробництві десертів. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій*. 2017. № 19(80). С. 165—168. URL: <https://nvlvet.com.ua/index.php/journal/article/view/1392>

2. Федулова І. Ринок молочної продукції України: можливості та загрози. *Товари і ринок*. 2018. № 1(25). С. 15—28. URL: [http://tr.knteu.kiev.ua/files/2018/01\(25\)/04.pdf](http://tr.knteu.kiev.ua/files/2018/01(25)/04.pdf).
3. Мікробіологія молока і молочних продуктів з основами ветеринарно-санітарної експертизи: навч. посіб. [для підготовки фахівців у ВНЗ III-IV рівнів акредитації за напрямками підготовки «Харчові технології та інженерія» і «Ветеринарна медицина»] / Бергілевич О.М., Касянчук В.В., Салата В.З. та ін.; за ред. д. вет. н., проф. В.В. Касянчук. Суми: Університетська книга, 2010. 320 с.
4. Технологічні комплекси харчових виробництв: навч. посібник / В.І. Теличкун, О.М. Гавва, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, М.Г. Десик, О.М. Чепелюк. Київ: Видавництво «Сталь», 2017. 456 с.
5. Гудима В.В., Кігель Н.Ф. Відбір дріжджів для залучення до складу заквашувальних композицій для виробництва кефіру. *Продовольчі ресурси*. Серія: Технічні науки. 2015. № 4. С. 87—91. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/prttech_2015_4_18.
6. Yerlikaya O. Starter cultures used in probiotic dairy product preparation and popular probiotic dairy drinks. *Food Science and Technology*. 2014. Vol.34, no 2. P. 221—229. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/fst.2014.0050>.
7. Гудима В.В., Кігель Н.Ф. Виділення, ідентифікація та вивчення властивостей молочнокислих бактерій із кефірних грибків та кефіру. *Продовольчі ресурси*. 2014. № 2. С. 64—70.
8. Гачак Ю.Р., Варивода Ю.Ю., Сливка Н.Б. Молочні продукти лікувально-профілактичного призначення. Львів, 2011. 136 с.
9. Panesar P.S. Fermented dairy product: starter cultures and potential nutritional benefits. *Food and Nutrition Sciences*. 2011. Vol.2, №1. P. 47—51. DOI:10.4236/fns.2011.21006.
10. ДСТУ 4417:2005. Кефір. Технічні умови. Чинний від 01.07.2006.
11. Виробництво кефіру згідно з національним стандартом України. *Молокопереробка*. 2006. № 5(8). С.8—11.

THE JUSTIFICATION OF SNACK TECHNOLOGY WITH USING MEAT DRIED SEMI-FINISHED PRODUCT

Y. Matsuk, I. Marchenko,

Oles Honchar Dnipro National University

V. Pasichnyi, A. Marinin

National University of Food Technologies

Key words:

Snack

Meat dried semi-finished product

Snack technology

Nutritional value

Snack products

Article history:

Received 13.09.2018

Received in revised form

04.10.2018

Accepted 24.10.2018

Corresponding author:

Y. Matsuk

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The purposes of the researches are developing of technology of snacks with using meat dried semi-finished product, determining the physical and chemical properties and nutritional value of finished products, determining the prospects for the use of this product. The object of the researches is technology of snack products with using meat dried semi-finished product.

During the study, organoleptic, physico-chemical and computational methods were used.

The technology of production of snacks using meat dried semi-finished product was developed by us and the physical and chemical parameters of quality of finished products (moisture content, protein, fat, carbohydrates, sucrose, ash, salt, pH, water absorption) were determined. The moisture content of the developed products is less than the control sample by 0.5...1%, the protein content is less than the control sample by 8.8...9.5%, the tightness of the finished products is lower by 4.9—8.6%, the salt content does not exceed acceptable standards. The energy value of these products was calculated. The expediency of using meat dried semi-finished product in snack technology was proved. These products can be considered as full-fledged meal and as products with high protein content. Researches show that snacks with using meat dried semi-finished product can be recommended for manufacturing in food industry.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-23

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СНЕКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ М'ЯСНОГО СУШЕНОГО НАПІВФАБРИКАТУ

Ю.А. Мацук, І.М. Марченко

Дніпровський національний університет імені Олеса Гончара

В.М. Пасічний, А.І. Маринін

Національний університет харчових технологій

У статті розроблено технології снєків із використанням м'ясного сушеного напівфабрикату, визначено фізико-хімічні властивості та харчову цін-

ність готових виробів, а також перспективи використання продукції. Об'єктом дослідження була технологія снекових виробів із використанням м'ясного сушеного напівфабрикату.

Під час проведення дослідження були застосовані органолептичні, фізико-хімічні та розрахункові методи.

Розроблена технологія виробництва снеків із використанням м'ясного сушеного напівфабрикату, визначені фізико-хімічні показники якості готових виробів (вміст вологи, білка, жиру, вуглеводів, сахарози, золи, солі, рН, намоцуваність). Вміст вологи розроблених виробів є меншим за контрольний зразок на 0,5...1%, вміст білка більший на 8,8...9,5%, намоцуваність готових виробів менша на 4,9...8,6%, вміст солі не перевищує допустимі норми. Розрахована енергетична цінність розроблених виробів. Доведена доцільність використання МСН у технології снеків. Вироби можуть розглядатися як повноцінний прийом їжі, а також продукція з високим вмістом білка. Проведені дослідження показують, що снеки з використанням м'ясного сушеного напівфабрикату можуть бути рекомендованими для виготовлення на харчових виробництвах.

Ключові слова: снєк, м'ясний сушений напівфабрикат, технологія снеків, харчова цінність, снекова продукція.

Постановка проблеми. На нинішньому етапі розвитку суспільства спостерігається порушення структури харчування, зумовлене зміною ритму життя і зниженням споживання біологічно цінних компонентів харчування. Прискорений темп життя сучасної людини змушує її харчуватися «на ходу».

Слід зазначити, що снеки (від англійського слова *snack* — легка закуска) ідеально підходять для вирішення цієї проблеми. Це доступні натуральні сухі продукти, готові до вживання і розфасовані в індивідуальну упаковку, що дає змогу застосовувати їх у будь-якому місці і в будь-яких умовах [1].

Загальновідомо, що виробництво снеків — це доволі молода галузь харчової промисловості України, однак за останні роки ця продукція стала популярною серед споживачів. На світовому ринку продуктів харчування снеки користуються величезною популярністю. Найбільша кількість снеків вживається у Великій Британії і в США [2]. Проте вживання снекової продукції, вирішуючи проблему дефіциту часу, не дає можливості отримувати достатньою мірою необхідні поживні й мінеральні речовини.

Проведені дослідження вітчизняного ринку снекових виробів показують, що продукція, яка б містила достатню кількість усіх нутрієнтів та могла б замінити повноцінний прийом їжі, не має широкого асортименту [3; 4]. Тому розширення виробництва снеків має соціальний ефект, направлений на створення повноцінних за біологічною цінністю продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових досліджень вітчизняних і зарубіжних учених (В.А. Терлецької, Л.В. Молоканової В.Г. Гарбуза, О.І. Гашук, В.М. Пасічного, О.З. Попадич, Т.М. Гіро, Л.С. Кудряшова, П.В. Лушнікова, І.А. Рогова, Б.А. Рскелдієва, Я.М. Узакова та ін.) підтвердив

важливість та актуальність проблем, порушених у цій статті. Так, з метою покращення технологічних характеристик сировини та підвищення споживчих властивостей готових виробів пропонується використання нетрадиційного поєднання білоквмісної сировини [5]. Тож створення привабливих для споживача і доступних за ціною продуктів є одним із основних трендів сучасного ринку харчових продуктів.

Вітчизняними вченими І.М. Зінченко, Ю.А. Ястребою та В.А. Терлецькою запропоновано виготовлення харчових концентратів та збагачувачів з використанням їстівних грибів [6; 7].

Відомі технології виробництва снєків з м'ясної сировини з використанням текстуроутворюючих наповнювачів [8], а також дослідження, присвячені розробці снєків з деструктурованого м'яса, що за органолептичними властивостями є аналогічною продуктам з в'яленого м'яса [9]. Н.Я. Орловою та Ю.В. Дяковою досліджено перспективи використання висушених баклажанів у виробництві снєків [10].

Важливим питанням також залишається вибір систем пакування продукції з комбінованим складом сировини та можливість подовження термінів її зберігання [11; 12].

Отже, актуальним і перспективним завданням є дослідження, спрямовані на обґрунтування технології снєків з використанням м'ясного сушеного напівфабрикату, раціональне використання сировинних ресурсів і створення на їх основі продуктів харчування підвищеної біологічної цінності з науково обґрунтованими термінами зберігання.

Мета дослідження: визначення перспектив та обґрунтування можливості використання м'ясного сушеного напівфабрикату (МСН) в технології снєків.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання: дослідити можливість використання МСН в рецептурі снєків; обґрунтувати раціональний склад рецептури; вивчити органолептичні та фізико-хімічні, властивості розроблених виробів.

Викладення основних результатів дослідження. До снєкової продукції сьогодні відносяться не тільки продукти харчування, які не рекомендуються для частого вживання в їжу. На міжнародному ринку снєків для вгамування легкого голоду позиціонуються і корисні для здоров'я продукти.

З огляду на це предметом дослідження були обрані снєки у вигляді хлібців з додаванням м'ясного сушеного напівфабрикату, отриманого методом конвективного сушіння. Вивчалась можливість заміни пшеничного борошна на МСН у складі рецептури снєків. Частка борошна в основній рецептурі замінювалась 15% МСН (з м'яса птиці, свинини та яловичини). Інші складові рецептури (вода, олія соняшникова, сіль) залишались незмінними.

Технологія виготовлення снєків з використанням МСН включає такі технологічні етапи: підготовка сировини, змішування компонентів, вимішування тіста, отримання тістового напівфабрикату, вистоювання тістового напівфабрикату, формування тістових заготовок, випікання, охолодження готових виробів. Технологічну схему виготовлення снєків наведено на рисунку.

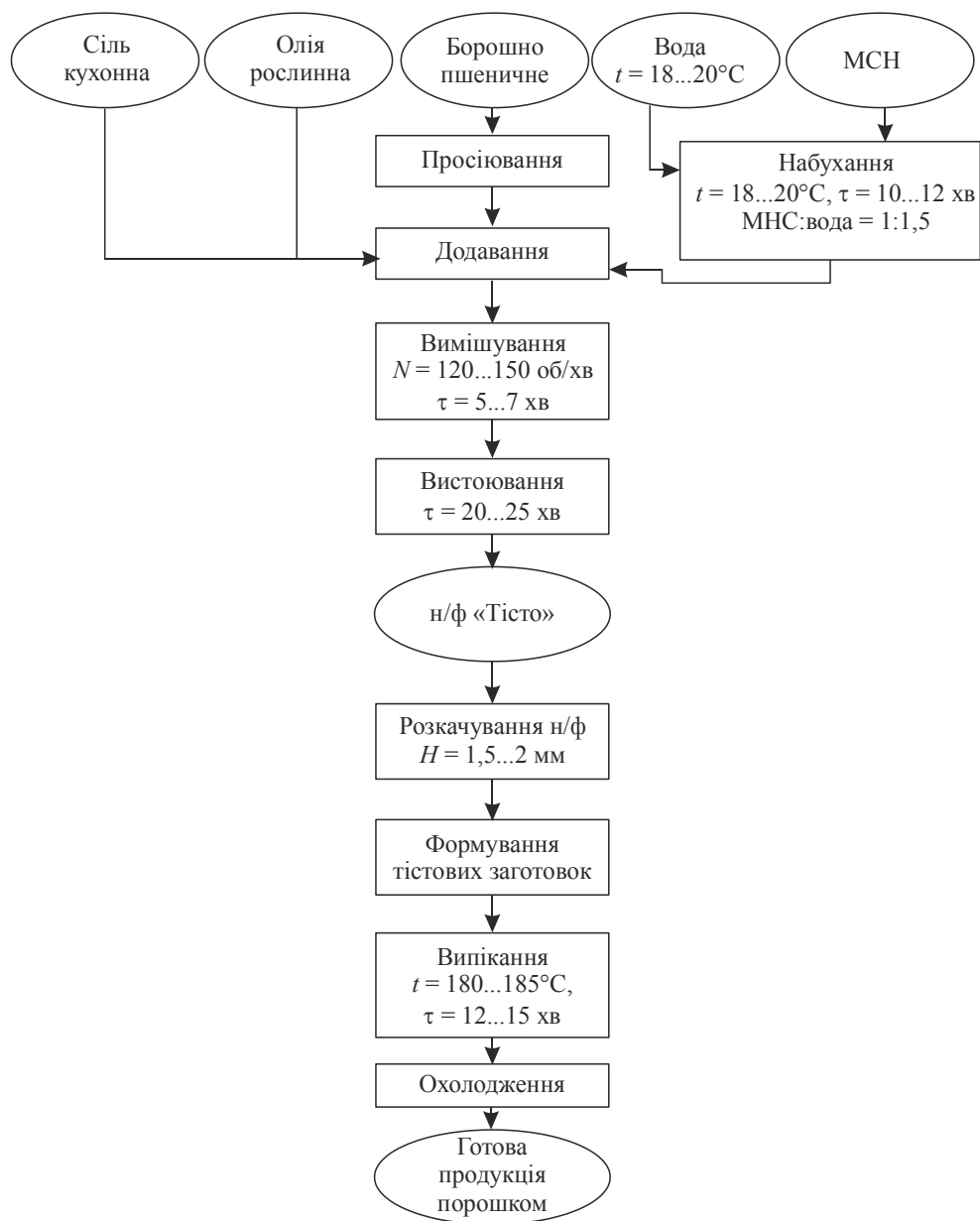


Рис. Технологічна схема виготовлення сніків із додаванням МСН

Попередньо просіяне борошно, МСН, воду, рослинну олію та сіль з'єднують у ємності. Далі суміш перемішують до однорідної консистенції та вимішують отримане тісто протягом 5 хвилин. Тісто залишають для відстоювання (20 хвилин). Після цього тісто розкатують у пласт товщиною 1,5...2 мм та отримують заготовки заданої форми. Тістові заготовки випікають у печі протягом 12..15 хвилин за температури 180°C.

Відповідно до ДСТУ 2903:2005 «Харчові концентрати. Сухі сніданки» були визначені органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових виробів.

Загальновідомо, що сенсорні показники продуктів (зовнішній вигляд, смак, запах, колір і структура) мають першорядне значення для споживача та формують загальну уяву про якість продукту. Тому в процесі досліджень були визначені органолептичні показники якості готових виробів.

Результати дегустаційної оцінки дають можливість стверджувати, що отримані зразки продуктів характеризувалися гармонійним збалансованим за вмістом інгредієнтів смаком, з приємним кольором та структурою при внесенні МСН 15%. Оскільки додавання МСН у меншій кількості не має позитивного впливу на органолептичні показники якості готових виробів, тому що відсутній м'ясний присмак відповідного виду МСН, а також не досягаються оптимальні співвідношення нутрієнтів у готовому виробі.

Враховуючи специфіку МСН, було проведене вивчення впливу його вмісту в рецептурах на хімічний склад, технологічні властивості напівфабрикатів. Результати досліджень фізико-хімічних показників розроблених снєків представлені в таблиці.

Таблиця. Фізико-хімічні показники снєків з додаванням МСН

Показники	Контроль (без МСН)	МСН, 15%		
		з м'яса птиці	з свинини	з яловичини
Вміст вологи, %	6,9±0,15	5,9±0,14	6,1±0,12	6,4±0,15
Вміст білка, %	10,2±0,25	19,2±0,51	19±0,46	19,7±0,38
Вміст жиру, %	15,2±0,38	19,6±0,50	20,4±0,28	19,9±0,42
Вміст вуглеводів, % :	66,8±1,13	54,1±1,15	53,2±1,14	52,8±1,13
У тому числі вміст сахарози, %	1,1±0,01	0,83±0,01	0,86±0,01	0,77±0,01
Вміст золи, %	0,9±0,02	1,2±0,01	1,25±0,02	1,2±0,03
Енергетична цінність, кДж	1861,0	1964,8	1976,5	1962,7
рН	6,5±0,15	5,9±0,15	6,2±0,15	5,1±0,15
Намочуваність, %	138,7	131,9	130,1	133,8

Аналізуючи отримані дані, можна стверджувати, що додавання МСН до складу снєкових виробів зменшує показник вологості. Це сприятиме кращому збереженню властивостей під час зберігання продукції. Вміст сахарози у виробі менший, ніж у контрольному зразку, тому що МСН замінює відповідну частку борошна. Показник намочуваності у виробі менший, ніж у зразку без додавання МСН. Це свідчить про те, що експериментальні зразки порівняно з контролем мають більш щільну структуру, меншу пористість, а також крихкість. Така властивість важлива під час зберігання й транспортування готових виробів. Вміст солі (1,31...1,52%) у всіх зразків відповідає чинним вимогам до якості.

Узагальнюючи вищевикладене, можна стверджувати, що додавання МСН до складу снєків (хлібців) покращує фізико-хімічні властивості готових виробів, оптимізує нутрієнтний склад і підвищує енергетичну цінність продукції.

Тож продукція може бути рекомендована для споживання як повноцінний прийом їжі. Розроблені снєки можуть бути найбільш корисним та зручним для використання продуктом серед таких соціальних груп населення, як лю-

ди, що займаються туризмом, активним відпочинком в умовах, коли приготування їжі є незручним, а також для військових як альтернатива продуктам, що є складовими їхнього раціону.

Висновки

Отже, результати проведених досліджень дали змогу обґрунтувати можливість ефективного використання МСН у технології снекових виробів, установити раціональну масову частку його внесення в комбіновані системи. Доведено, що МСН збагачує продукти нутрієнтами, які наближають продукт до продукту зі збалансованим складом.

При раціональному підборі компонентів, що входять до складу снекових виробів, можуть бути досягнуті високі органолептичні та функціонально-технологічні показники готової продукції.

Виробництво будь-яких нових видів харчових продуктів, заснованих на введенні в рецептуру нових інгредієнтів, вимагає ретельного дослідження строків їх зберігання. Враховуючи специфіку МСН, планується вивчення його внесення на термін зберігання снекових виробів.

Література

1. Молоканова Л.В., Орешина О.О. Хімічний склад вітчизняних м'ясних снеків. *Науковий вісник PUET: Technical Sciences*. 2015. № 1(52). С. 119—124.
2. Синьоок І.В., Теличкун В.І. Розширення асортименту та удосконалення обладнання для виробництва снеків. *Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: програма і матеріали другої міжнародної науково-технічної конференції*, 20—21 березня 2013 р. – Київ: НУХТ, 2013. С. 71—72.
3. Страшинська Л.В., Ніколаско І.В. Маркетингові аспекти розвитку ринку снеків в Україні [Текст]. *НУХТ*. Київ. 2017. С. 75—84.
4. Євсейцева О.С., Ющенко А.В. Аналіз ринку снекової продукції України. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2012. № 6(68). С. 357—362.
5. Пасичний В.Н. Проблема белка или проблема качества пищи. *Мясной бизнес*. 2004. № 2. Ч. 1. С. 12—18.
6. Зінченко І.М., Терлецька В.А. Харчконцентрати на основі їстівних грибів. *Науково-технічні розробки та інноваційні технології*. Київ: НУХТ, 2010. С. 26.
7. Пасичний В.М., Ястреба Ю.А. Обґрунтування параметрів сушіння грибів під час виробництва порошкоподібного напівфабрикату. *Зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т. харчування та торгівлі*. 2009. випуск № 2(10). С. 204—209.
8. Пасичний В.М., Желуденко В.Ю., Бомко І.В. Виробництво в'ялених м'ясних снеків з використанням текстуроутворюючих наповнювачів. *Наукове здобуття молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: програма та матеріали другої міжнародної науково практичної конференції*, 19—20 квітня 2012 року, Київ: НУБІП, 2012. С. 234—236.
9. Орешина О.О., Молоканова Л.В. Вплив виду звязувальних компонентів на якість снеків з деструктурованого мяса баранини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2013. Вип. 13, Т. 1. С. 155—161.
10. Дьякова Ю., Орлова Н. Безпечність баклажанових снеків. *Товари і ринки*. 2015. № 1. С. 175—182.
11. Пасичний В.Н., Захандревич О. Характеристика основної м'ясної сировини та субпродуктів для виробництва ковбасних виробів вареної групи. *Мясное дело*. 2008. № 1. С. 39—42.
12. Пасичний В.М., Геречук А.М., Мороз О.О., Ястреба Ю.А. Дослідження факторів пролонгації термінів зберігання м'ясних і м'ясомістких продуктів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2015. Т. 21, № 4. С. 224—230.

ANALYSIS OF FATTY ACID COMPOSITION OF MEAT PATES

O. Moskalyuk, I. Radzievska, A. Haschuk, L. Peshuk

National University of Food Technologies

Key words:

Meat paste
Fatty acid composition
Shelf life
Health and preventive nutrition

Article history:

Received 07.09.2018
Received in revised form
05.10.2018
Accepted 24.10.2018

Corresponding author:

O. Moskalyuk
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the results of studies of fatty acid composition and kinetics of fat oxidation in the process of storage of developed pates using fungal raw materials and phytocomplex of propagated grains of cereal crops. The high-resolution chromatography method established their group fatty acid composition and it was proved that the content of fatty acids in the trans-form is insignificant and does not exceed their background level for all samples of examined meat pates. It was found that the content of monounsaturated acids in developed paste is about 35%, and saturated— only 23% in all investigated samples. Analyzing the content of PUFAs, it is important to note their stable high content in all four recipes, regardless of the type of added ingredients. However, the formula with mushroom raw material has the highest total PUFA content— 41.92% and at the same time the highest content of essential linolenic acid— 1.55%.

To study the shelf life of developed meat pastes and check their stability, the oxidation of their lipid fraction was investigated. It has been established that pastes that were made using mushroom raw materials and phytocomplex of sprouted grains have both higher oxidative and commercially acceptable shelf life. The results of the study confirm the possibility of using mushroom raw materials and phytocomplex of sprouted grains in the production of health improvement and prophylactic paste.

Consequently, the creation of balanced formulations of meat pastes of high nutritional value with improved fatty acid composition can be considered as important directions in modern nutrition.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-24

АНАЛІЗ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ М'ЯСНИХ ПАШТЕТІВ

О.Є. Москалюк, І.Г. Радзівська, О.І. Гащук, Л.В. Пешук

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень жирнокислотного складу й кінетики окиснення жиру в процесі зберігання розроблених пащтетів з вико-

ристанням грибно́ї сировини та фітокомплексу пророщених зерен злакових культур. Методом хроматографії високороздільної здатності встановлено їх груповий жирнокислотний склад і доведено, що вміст жирних кислот у транс-формі є незначний і не перевищує їх фонового рівня для всіх досліджуваних зразків м'ясних паштетів. Встановлено, що вміст мононенасичених кислот у розроблених паштетах становить близько 35%, а насичених— лише 23% в усіх досліджуваних зразках. Аналізуючи вміст ПНЖК, слід відмітити їх стабільно високий вміст в усіх чотирьох рецептурах незалежно від виду внесених компонентів. Проте рецептура з грибною сировиною відрізняється найвищим загальним вмістом ПНЖК— 41,92% та одночасно найвищим вмістом есенціальної ліноленової кислоти— 1,55%.

Для вивчення термінів зберігання розроблених м'ясних паштетів і перевірки їх стабільності досліджували окислення їх ліпідної фракції. Встановлено, що паштети, виготовлені з використанням грибно́ї сировини та фітокомплексу пророщених зерен, володіють як більшою оксистабільністю, так і комерційно прийнятними термінами придатності готової продукції. Результати дослідження підтверджують можливість використання грибно́ї сировини та фітокомплексу пророщених зерен у виробництві паштетів оздоровчо-профілактичного призначення.

Отже, створення збалансованих рецептур м'ясних паштетів підвищеної харчової цінності з поліпшеним жирнокислотним складом можна розглядати як важливий напрям у сучасному харчуванні.

Ключові слова: м'ясний паштет, жирнокислотний склад, термін зберігання, оздоровчо-профілактичне харчування.

Постановка проблеми. Біологічна цінність жирів визначається вмістом у їх складі поліненасичених жирних кислот (ПНЖК). Для людини есенціальними жирними кислотами є лінолева С 18:2 і ліноленова С 18:3, які належать до незамінних складових харчування. Недостатнє надходження з їжею лінолевої та ліноленової кислот викликає порушення регуляції обмінних процесів у клітинних мембранах, а також у процесах утворення енергії в мітохондріях. ПНЖК сприяють прискоренню обміну холестеролу в організмі, уповільненню утворення атерогенних ліпопротеїдів низької щільності, зниженню синтезу тригліцеролів [1]. Зовнішнім проявом недостатності ПНЖК є зміни стану шкіри (сухість, лущення, екзема, гіперкератоз), підвищена сприйнятливність до ультрафіолетових променів, виникнення виразкових процесів слизової оболонки шлунку і дванадцятипалої кишки, карієсу зубів, артритів [2]. Останні досягнення науки глибше розкривають функції жирів в організмі людини і визначають зміни норм їх споживання з їжею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження вчених показують, що одним із перспективних напрямків досліджень є удосконалення технологій і розробка рецептур м'ясних продуктів із збалансованим жирнокислотним складом. Так, розробкою паштетів з додаванням вітамінізованих купажованих олій підвищеної біологічної цінності з метою поліпшення збалансованості амінокислотного та жирнокислотного складів займалися

О.А. Топчій, Є.О. Котляр [3]. І.Г. Радзівська, В.М. Пасічний. Вплив модифікованих жирів на показники біологічної ефективності напівфабрикатів з м'яса птиці досліджувався у [4].

Метою дослідження є розроблення м'ясних паштетів з використанням грибною сировини та фітокомплексу пророщених зерен злакових культур зі збалансованим жирокислотним складом.

Викладення основних результатів дослідження. За результатами наукових досліджень, проведених на кафедрі технології м'яса і м'ясних продуктів в рамках держбюджетної тематики ДР № 0115U006059 «Наукове обґрунтування технології м'ясопродуктів нового покоління для оздоровчо-профілактичного харчування», були розроблені паштет «Грибний» з гливою в кількості 15%, паштет «Особливий» з біомасою гливи звичайної *Pleurotus ostreatus* — 3%, паштет з фітокомплексом «CHOICE» — 15% [5; 6].

Для практичного регулювання фізіологічної цінності розроблених паштетів встановлено їх груповий жирнокислотний склад методом хроматографії високороздільної здатності. Результати дослідження наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Жирнокислотний склад досліджуваних паштетів

Жирна кислота	Жирнокислотний склад, % суми жирних кислот			
	Контроль	№ 1 «Грибний»	№ 2 «Особливий»	№ 3 фітокомплекс «CHOICE»
1	2	3	4	5
C 8:0	0,01	0,01	0,01	0,01
C 10:0 Capric	0,01	0,02	0,01	0,01
C 12:0	0,06	0,03	0,03	0,03
C 14:0	0,37	0,11	0,36	0,37
C 14:1	0,07	0,08	0,08	0,07
C 15:0	0,06	0,06	0,06	0,06
C 16:0	16,68	16,05	16,90	16,76
c9-C 16:1	0,31	0,47	0,32	0,30
c7-C 16:1	2,79	2,91	2,91	2,90
C 17:0	0,10	0,10	0,11	0,11
C 17:1	0,05	0,05	0,05	0,05
C 18:0	6,10	6,01	6,02	5,67
C 18:1w12t Petroselaidic	—	0,15	0,15	0,14
c11-C 18:1 Vaccenic	1,31	1,02	1,32	1,30
C 18:1w9c Oleic	30,36	30,91	30,61	30,68
9,12- t, c-C18:2	0,15	0,13	—	0,01
C 18:2w6c Linoleic	37,42	37,47	37,27	37,88
C 20:0	0,15	0,15	0,15	0,15
C 20:1w9	0,07	0,07	0,07	0,07
C 20:1w11	0,30	0,31	0,30	0,30
C 18:3w6	0,23	—	—	0,19
C 18:3w3 a-Linolenic	1,30	1,55	1,34	1,37
c9t11-C18:2	0,12	0,12	0,12	—
t10c12-C 18:2	0,01	0,01	0,01	0,01
11,14- c C 20:2	0,22	0,14	0,22	0,20

1	2	3	4	5
C 20:3w6	0,17	0,17	0,17	0,15
C 20:4w6 Arachidonic	1,17	1,08	1,08	0,84
C 20:5w3c	0,02	0,02	0,02	0,07
C 22:0	0,17	0,17	0,17	0,18
C 22:5w3	0,06	0,06	0,07	0,05
C 23:0	—	—	—	0,01
C 24:0	0,06	0,06	0,06	0,06
C 24:1	0,02	—	—	—
C 22:6w3	—	—	—	0,04
Разом	100,00	100,00	100,00	100,00

З даних табл. 1 видно, що жирова фракція розроблених паштетів містить усі групи жирних кислот, але їх вміст неоднаковий. Показано, що введення добавок грибної та рослинної сировини не викликає принципових змін вмісту окремих жирних кислот. Встановлено, що близько 2/3 загального вмісту жирних кислот належить до ненасичених, що є позитивним фактором збалансованості раціону харчування.

Для забезпечення функціональних властивостей розроблених паштетів важливе значення має не лише кількісний, але й якісний склад жирів, особливо вміст поліненасичених жирних кислот з визначеним розміщенням подвійних зв'язків і цис-конфігурацією. Головні біологічні показники жирнокислотного складу досліджуваних паштетів наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Біологічні показники жирнокислотного складу

Показник	Зразок			
	Контроль	№ 1 «Грибний»	№ 2 «Особливий»	№ 3 фітокомплекс «СНОІСЕ»
Співвідношення груп жирних кислот				
НЖК	23,78	23,35	23,88	23,41
МНЖК	35,46	34,74	35,79	35,82
ПНЖК	40,76	41,92	40,33	40,77
Вміст есенціальних кислот				
Лінолева C 18:2	37,42	37,47	37,27	37,88
Ліноленова C 18:3	1,30	1,55	1,34	1,37
Вміст антихарчових жирних кислот				
C 18:1 trans	0,16	0,15	0,15	0,14
C 18:2 trans	0,02	0,03	0,02	0,02

Аналіз даних табл. 2 показав, що вміст мононенасичених кислот складає близько 35%, а насичених — лише 23% в усіх досліджуваних зразках. Це підтверджує профілактичну спрямованість розроблених паштетів, оскільки з точки зору запобігання віковим хворобам вміст ненасичених складових жиру повинен бути якомога вищим. Аналізуючи вміст ПНЖК, слід відмітити їх стабільно високий вміст в усіх чотирьох рецептурах незалежно від виду внесених компонентів. Проте рецептура з паштету «Грибного» відрізняється найвищим загальним вмістом ПНЖК — 41,92% та одночасно найвищим

вмістом есенціальної ліноленої кислоти — 1,55%. Це, очевидно, можна пояснити особливістю жирнокислотного складу внесеної добавки, оскільки в грибах міститься 1,3—2,7% жиру, який на 67% складається з поліненасичених кислот. Встановлено, що вміст жирних кислот у трансформі є незначним і не перевищує їх фонового рівня для всіх досліджуваних рецептур.

Зважаючи на високий вміст легкоокиснюваних жирних кислот у складі досліджуваних паштетів, виникає необхідність перевірки їх стабільності протягом терміну зберігання. Для цього досліджували окислення їх ліпідної фракції розроблених паштетів.

Окиснювальна стабільність жирової фракції в цілому визначає стійкість харчового продукту до окиснення в процесі виробництва і зберігання. Стабільність продукту до окиснення впродовж терміну зберігання може бути представлена періодом, необхідним для досягнення критичного вмісту продуктів окиснення, незалежно від наявності змін сенсорних характеристик. Окиснення жиру також руйнує незамінні жирні кислоти, призводить до втрати харчової і біологічної цінності продукту та до утворення токсичних речовин. Це важливо для оцінки смакових і поживних властивостей, а також токсичності харчових продуктів.

Терміни придатності харчових продуктів визначаються граничними значеннями хімічних показників, регламентованих нормативною документацією і споживчими властивостями, в тому числі запахом і смаком. Залежно від умов зберігання та початкових властивостей продукту окиснення відбувається за різними механізмами. Окислювальна стабільність жиру у складі продукту залежить від його жирнокислотного складу, умов виробництва, впливу тепла і світла, концентрації і типу кисню, наявності вільних жирних кислот, моно- і дигліцеридів, металів змінної валентності, пероксидів, термічно окислених з'єднань, пігментів і антиоксидантів. Ці чинники взаємно впливають на процес окиснення і виділити їх індивідуальний ефект практично неможливо.

Кінетику окиснення жиру в процесі зберігання розроблених м'ясних паштетів характеризували величинами кислотного (КЧ) і пероксидного (ПЧ) чисел. Зразки продукції зберігали в незруйнованій упаковці за температури +2°C за стандартної вологості повітря без доступу сонячного світла. Зміни якісних показників у відібраних пробах контролювали після екстракції жиру методом настоювання. Перебіг окиснення жиру в розроблених м'ясних паштетів вивчали через рівні проміжки часу протягом 8 діб.

Кислотне число характеризує глибину гідролітичного розпаду жиру та вказує на вміст вільних жирних кислот під час зберігання продукту (рис. 1).

З рис. 1 видно, що зміна кислотного числа в процесі зберігання м'ясопродуктів описується рівнянням прямої. За час експерименту КЧ всіх досліджуваних зразків зростало, однак швидкість росту зразка-контролю була найвищою. Кислотні числа м'ясних паштетів за розробленими рецептурами монотонно збільшувались протягом 8 діб і зросли з 0,15—0,17 до 0,40—0,50 мгКОН/г. Для харчових продуктів вищого гатунку цей показник нормується на рівні 1,0 мгКОН/г. Динаміка зміни кислотного числа розроблених рецептур м'ясних паштетів у процесі зберігання протягом 8 діб показала незначне зростання порівняно з контролем, що є підтвердженням ефективності підбору компо-

ментів і заміни частини тваринних компонентів на грибну сировину чи фітокомплекс пророщених зерен.

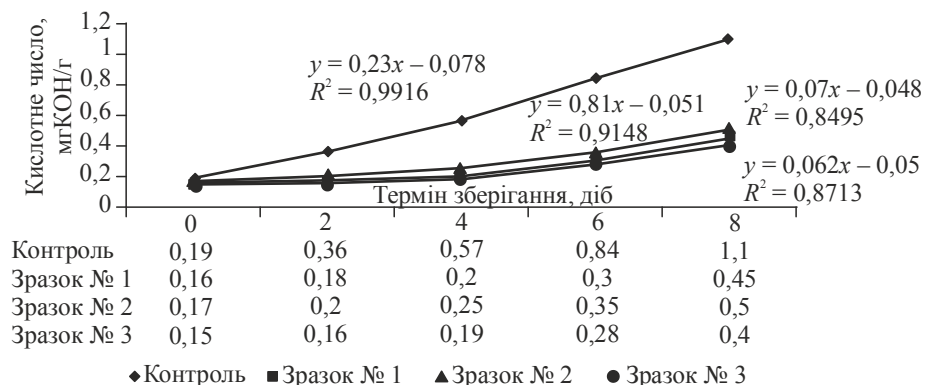


Рис. 1. Зміна кислотного числа в процесі зберігання паштетів ($t+2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Оскільки вільні жирні кислоти в жирах провокують процеси їх авто- і фотосенсибілізованого окиснення, вивчали перебіг окисних змін у розроблених паштетах за величиною пероксидного числа (рис. 2).

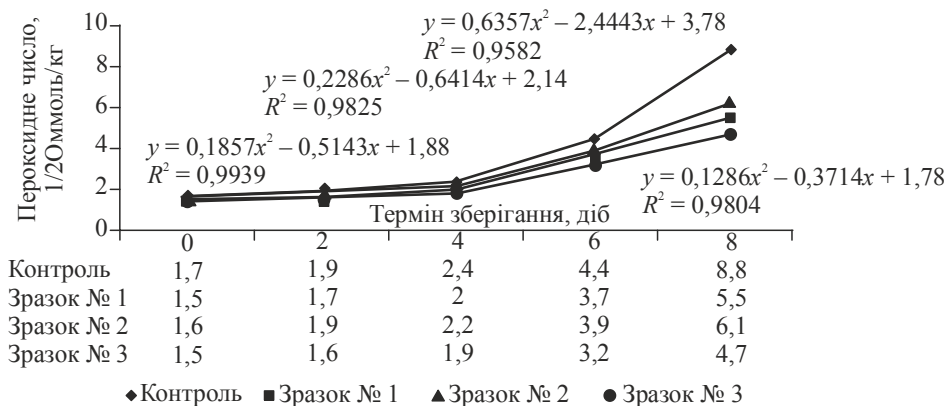


Рис. 2. Зміна пероксидного числа в процесі зберігання паштетів пророщених зерен ($t+2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

З графіків окиснення, наведених на рис. 2, видно, що перебіг окисних змін описується рівнянням поліноміальної кривої. Величина пероксидного числа всіх зразків на початку зберігання є незначною і становить 1,5—1,7 $\frac{1}{2}$ Оммоль/кг. Після періоду відносної стабільності, що тривав для всіх зразків чотири доби, швидкість накопичення продуктів окиснення різко зростає. На восьму добу зберігання найвище значення пероксидного числа зафіксоване в контрольному зразку на рівні 8,8 $\frac{1}{2}$ Оммоль/кг. Гранична величина цього показника становить 5—6 $\frac{1}{2}$ Оммоль/кг при випуску з підприємства для різних продуктів. Серед розроблених рецептур достовірно нижча швидкість пероксидації встановлена в паштеті з фітокомплексом пророщених зерен — 4,7 $\frac{1}{2}$ Оммоль/кг наприкінці експерименту. Серед рецептур з грибами слід відмітити порівняно вищу

стійкість паштету з культивованою біомасою гливи *Pleurotus ostreatus*, ніж з гливами (5,5 /₂Оммоль/кг проти 6,1 /₂Оммоль/кг на восьму добу зберігання). З огляду на це слід встановити граничний термін зберігання м'ясних паштетів за розробленими рецептурами не більше шести діб, коли величина ПЧ не перевищує норм, встановлених для доброякісної продукції.

Пояснення виявленої тенденції можна надати з точки зору впливу мінерних компонентів, які можуть виступати як прооксидантами, так і антиоксидантами. Зокрема, швидкість пероксидного окиснення суттєво залежить від швидкості утворення жирними кислотами алкільних радикалів, тобто визначається величиною КЧ в кожній окремій точці контролю. Швидке зростання величини КЧ в зразку-контролі певним чином пояснює високу швидкість накопичення в ньому пероксидів. Уповільнення накопичення пероксидів у жировій фракції паштету з фітокомплексом пророщених зерен, імовірно, слід пояснити антиоксидантними властивостями природних сполук (феноли, токоферол, вищі спирти), які нині активно вивчаються.

Висновки

За результатами дослідження отримали паштети для оздоровчо-профілактичного харчування, в яких вміст мононенасичених кислот становить близько 35%, а насичених— лише 23%. Аналізуючи вміст ПНЖК, відмічено їх стабільно високий вміст в усіх рецептурах незалежно від виду внесених компонентів. Проте рецептура з грибною сировиною відрізняється найвищим загальним вмістом ПНЖК— 41,92% та одночасно найвищим вмістом есенціальної ліноленої кислоти — 1,55%.

Паштети з фітокомплексом пророщених зерен володіють як більшою оксистабільністю, так і комерційно прийнятними термінами придатності готової продукції. Для зниження окиснюваності розроблених м'ясних паштетів слід знижувати температуру зберігання, виключати вплив світла і повітря, використовувати відповідні концентрації антиоксидантів.

Література

1. Knapp H.R. Physiological and biochemical effects of n-3 fatty acids in man. *Essential Fatty Acids and Eicosanoids* / Eds A. Sinclair, R. Gibson. Champaign: AOCS Publications, 2003. P. 330—333.
2. Жиры, их пищевая и биологическая ценность URL: https://www.pitportal.ru/samples_docs/gigiena_pitaniya/6034.html.
3. Котляр Є.О., Топчій О.А. Розробка рецептур м'ясних паштетів з використанням білково-жирових емульсій на основі вітамінізованих купажованих рослинних олій. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2017. Т. 19. № 75. С. 89—96.
4. Шведок Д.А., Пасічний В.М., Радзівська І.Г. Вплив модифікованих жирів на показники біологічної ефективності напівфабрикатів з м'яса птиці. *Аграрна наука та харчові технології*. 2017. Випуск 3(97). С. 249—257.
5. Москалюк О.Е., Пешук Л.В., Гащук О.І., Чернюшок О.А. Разработка мясного паштета повышенной биологической ценности. *Пищевая промышленность: наука и технологии*. г. Минск, Республика Беларусь. 2017. № 4(38). С. 9—13.
6. Москалюк О.Е. Дослідження термінів зберігання м'ясних паштетів функціонального призначення. Наукові праці *Національного університету харчових технологій*. Київ: НУХТ, 2018 р. Том 24, № 2. С. 225—231.

**STUDY OF CRYOPROTECTORAL PROPERTIES
OF BIO-POLYSACCHARID MIXTURES
IN THE COMPOSITION OF MINCED SEMI-PRODUCTS**

O. Skochko, V. Druhoveiko, I. Shevchenko, M. Maslikov

National University of Food Technologies

Key words:

*Protein-polysaccharide
compositions
Cryoprotectors
Meat systems
Broken semifinished
products
Crystallization centers
Deep freezing
Water activity*

Article history:

Received 04.09.2018
Received in revised form
28.09.2018
Accepted 19.10.2018

Corresponding author:

O. Skochko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

A prerequisite for the preservation of quality of minced semi-finished products after defrosting is compliance with the optimal conditions for refrigeration. However, it is not always possible to maintain high consumer properties of frozen semi-finished products, as the degree of destructive influence of low temperatures on muscle fibers of meat raw materials also depends on its quality. In order to stabilize the functional and technological properties of low-grade meat raw material, which is usually included in the composition of semi-finished products and protection from the negative influence of physicochemical factors on the quality of the frozen brooded semifinished products the protein-polysaccharide formulations of cryoprotective action were developed. According to the results of the research, it was established that the use of proteins of blood plasma Vepro 75 PSC, sodium caseinate and plant fiber (wheat, flax, plantain) as part of the chip contribute high quality product with stable consumer properties.

The article presents the results of the influence of protein-polysaccharide mixtures on the change of functional and technological structural and mechanical properties of model cutlets. It was established that the use of developed cryoprotectors complex mixtures in the model of meat filling systems in the amount of 2% increases moisture-retaining capacity by 9.7...15.3%, compared with the control sample, reduces the cryoscopic temperature by 2.09 ... 2.81°C, which positively affects the quality indices of finished products. The most functional composition of the complex cryoprotectors protein-polysaccharide mixture is established containing the blood plasma protein, sodium caseinate, plantain fiber and flaxseed in equal proportions.

According to the results of the conducted research, the use of protein polysaccharide compositions in the technology of minced semi-finished products allows to maintain a dense structure of semi-finished products after 30 days of storage in a frozen state and promotes the receipt of products of high quality.

ВИВЧЕННЯ КРІОПРОТЕКТОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІЛКОВО-ПОЛІСАХАРИДНИХ СУМІШЕЙ У СКЛАДІ ПОСІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

О.І. Скочко, В.О. Друговейко, І.І. Шевченко, М.М. Масліков

Національний університет харчових технологій

*Необхідною умовою збереження якісних показників посічених напівфабрикатів після розморожування є дотримання оптимальних умов холодильного оброблення. Проте не завжди це дає змогу зберегти високі споживчі властивості заморожених напівфабрикатів, оскільки ступінь руйнівного впливу низьких мінусових температур на м'язові волокна м'ясної сировини також залежить і від її якості. З метою стабілізації функціонально-технологічних властивостей низькосортної м'ясної сировини, що входить до складу посічених напівфабрикатів та захисту від негативного впливу фізико-хімічних факторів на якість заморожених посічених напівфабрикатів, були розроблені білково-полісахаридні композиції кріопротекторної дії. За результатами проведених досліджень встановлено, що використання білків плазми крові *Verpro 75 PSC*, казеїнату натрію та рослинної клітковини (пшеничної, льону, подорожника) у складі котлет сприяє отриманню виробів високої якості зі стабільними споживчими властивостями.*

У статті наведено результати впливу білково-полісахаридних сумішей на зміну функціонально-технологічних і структурно-механічних властивостей модельних зразків котлет. Встановлено, що використання розроблених кріопротекторних комплексних сумішей у складі модельних м'ясних фаршевих систем у кількості 2% підвищує вологостримувальну здатність на 9,7...15,3%, порівняно з контрольним зразком, знижує кріоскопічну температуру на 2,09...2,81°C, що позитивно впливає на показники якості готових виробів. Визначено найбільш функціональний склад комплексної кріопротекторної білково-полісахаридної суміші, що містить білок плазми крові, казеїнат натрію, клітковину подорожника та льону за рівних співвідношень.

За результатами проведених досліджень встановлено, що використання білково-полісахаридних композицій у технології посічених напівфабрикатів дає змогу зберегти щільну структуру напівфабрикатів після 30 діб зберігання в замороженому стані і сприяє отриманню продуктів високої якості.

Ключові слова: *білково-полісахаридні композиції, кріопротектори, м'ясні системи, посічені напівфабрикати, центри кристалізації, глибоке заморожування, активність води.*

Постановка проблеми. Незважаючи на підтверджену ефективність, навіть дуже швидке заморожування м'ясної сировини і м'ясних напівфабрикатів без додавання речовин кріопротекторної дії може призвести до незворотних структурно-функціональних змін клітинної й тканинної структур м'ясних системи. Під час зберігання в замороженому стані в м'ясній сировині відбувається денатурація та/або агрегація білків, що спричиняє втрату функціонально-технологічних властивостей білків м'яса. Водночас через пошко-

дження клітинних мембран порушується баланс окисно-відновних процесів у бік окиснювальних реакцій. Процес розморожування супроводжується втра-тою вологи, а разом з нею й поживних речовин. Запобігання або зниження ступеня денатурації білків під впливом заморожування є можливим у разі введення до м'ясних систем кріопротекторів. Ефект від використання кріо-протекторів у складі м'ясних систем полягає в тому, що їх молекули можуть наближатися або зв'язуватися з молекулами білка за будь-якими функціо-нальними групами, утворюючи водневий або іонний зв'язок. Тобто молекули білків ніби вкриваються молекулами кріопротекторів [1]. У наш час актуаль-ною є проблема розробки бінарних білкових композицій, які, крім здатності знижувати негативний вплив низьких температур, можуть нівелювати недоліки низькосортної м'ясної сировини та покращувати текстурні характеристики і харчову цінність м'ясних виробів. Крім того, комбінування тваринних білків у певному співвідношенні сприяє також покращенню їх функціонально-техно-логічних властивостей за рахунок ефекту синергізму, що проявляється у підвищенні міцності структури змішаних білкових гелів. Проте підбір кріопро-текторів для різних м'ясних систем необхідно здійснювати окремо, залежно від їх складу та функціонально-технологічних властивостей [2; 3; 4].

Мета статті: дослідити кріопротекторні властивості білково-полісахаридних сумішей тваринних білків і рослинної клітковини для нівелювання негативних наслідків впливу заморожування на функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини, запобігання значному кристалоутворенню та уповільнення перебігу процесу заморожування,

Матеріали і методи. Застосовано аналітичні та експериментальні методи досліджень білково-полісахаридних сумішей і м'ясних фаршевих систем: фізи-ко-хімічні (для визначення якісного і кількісного складу та функціонально-технологічних характеристик), інструментальні (для вимірювання кріоскопічної температури, показник активності води a_w), математичні та математично-ста-тистичні (для математичного моделювання, оптимізації статистичного оброблен-ня експериментальних даних). Пенетрацію посічених напівфабрикатів визначали за глибиною занурення індентора у дослідний зразок за температури 20°C. Проводили три вимірювання на відкритій поверхні зразка на відстані не менше 10 мм від краю виробу і на максимальній відстані від точок інших вимірювань, щоб деформована частина поверхні не увійшла в зону вимірювання, після чого проводили перерахунок значення пенетрації у значення пенетраційної напруги.

Показник активності води a_w модельних фаршевих систем і м'ясних посі-чених напівфабрикатів визначали за допомогою аналізатора rotronic Hygro Palm-23. Кріоскопічну температуру модельних фаршевих систем і м'ясних посічених напівфабрикатів визначали методом термічного аналізу, що ба-зується на побудові кривих зміни температури у часі.

Як функціонально-технологічні та кріостабілізуючі компоненти у складі м'ясних фаршевих систем було досліджено чотири композиційних сумішей у співвідношенні білкової та полісахаридної складової — 1:1. До їх складу увійшли: білок плазми крові, казеїнат натрію та пшенична клітковина — су-міш № 1; білок плазми крові, казеїнат натрію та клітковина льону — суміш № 2; білок плазми крові, казеїнат натрію та клітковину подорожника —

суміш № 3; білок плазми крові, казеїнат натрію, клітковину подорожника та льону — суміш № 4. Білково-полісахаридні суміші додавали до складу модельних фаршевих систем, виготовлених на основі односторньої яловичини (50%) та напівжирної свинини (50%), у кількості 2% за рахунок зменшення односторньої яловичини. За контроль було обрано м'ясну фаршеву систему без тваринних білків і харчових волокон. Отримані зразки фаршу піддавали перемішуванню за температури 12°C протягом 15 хв, формували у вигляді котлет і заморожували за температури мінус 18°C. Тривалість зберігання за зазначеної температури становила 30 діб. У всіх зразках до заморожування, після розморожування й термічного оброблення визначали органолептичні, фізико-хімічні, функціонально-технологічні, структурно-механічні показники, а також показник активності води a_w та значення криоскопічної температури.

Результати та їх обговорення. Обрані як криостабілізатори білки плазми крові Verro 75 PSC та казеїнату натрію є термостабільними функціональними білками, що використовується як при мінусових температурах, так і в режимах пастеризації. Вони є високомолекулярними речовинами, що здатні знижувати швидкість зростання кристалів та захищати клітини м'язової тканини від осмотичних перепадів. Крім того, вони володіють високими функціональними властивостями та здатністю стабілізувати м'ясні системи.

Харчові волокна пшеничної клітковини, клітковини льону та клітковини подорожника є поліфункціональними компонентами, що здатні покращити консистенцію, адсорбувати воду, зменшити втрати маси та збагатити кінцевий продукт баластними речовинами, але як і більшість волокон, що містять суміш розчинних і нерозчинних фракцій, мають невисоку здатність адсорбувати жир [1—3].

Таблиця 1. Органолептична оцінка термооброблених модельних зразків котлет (n = 3, P ≥ 0,95)

Назва показника	Дослідні зразки				
	контроль	зразок 1	зразок 2	зразок 3	зразок 4
Зовнішній вигляд	форма овальна, поверхня рівномірно покрита паніровкою, без розірваних ломаних країв				
Вигляд на розрізі	спостерігається відокремлення вологи	фарш добре перемішаний			
Смак і запах	сирих — властиві доброякісному м'ясу; у смаженому вигляді — властиві продукту без сторонніх присмаків та запаху, з ароматом прянощів				
Консистенція	сирих — рихла, крихка в смаженому вигляді	сирих — щільна, готових соковита, ніжна, некрихка, рівномірно перемішаний фарш			
Температура в товщі замороженого продукту, °C	Не вище мінус 10				
Маса виробу, г	70±5				

При органолептичному дослідженні модельних зразків котлет встановлено, що використання розроблених білково-полісахаридних сумішей у кількості 2% не призводить до помітних змін органолептичних властивостей дослідних зразків котлет, натомість сприяє покращенню їх консистенції та підвищенню соковитості. Усі зразки до заморожування володіли рожево-червоним забарвленням, запахом, властивим свіжому м'ясу та ніжною консис-

тенцією. Дослідні зразки характеризувалися більшою липкістю порівняно з контрольним зразком. Після розморожування дослідні зразки мали більш темне забарвлення. Найбільші зміни органолептичних показників після заморожування, зберігання протягом 30 діб і розморожування були властиві контрольним зразкам, що характеризувалися розрихленою структурою м'язової тканини та кислуватим запахом (табл. 1).

З метою розроблення рекомендацій щодо застосування досліджуваних білково-полісахаридних сумішей як функціонально-технологічних інгредієнтів з кріостабілізуючими властивостями у виробництві посічених напівфабрикатів було досліджено хімічний склад і функціонально-технологічні властивості модельних м'ясних фаршевих систем з їх використанням. Результати досліджень представлені в табл. 2. Проведені дослідження дають змогу стверджувати, що введення як кріопротекторів у м'ясні фаршеві системи білково-полісахаридних композицій позитивно впливає на збільшення вологоутримувальної здатності на 9,7—17,3% та жирутримувальної здатності на 9,4...9,7% модельних м'ясних систем, порівняно з контрольним зразком, що безумовно сприяє покращенню структури модельних зразків котлет (табл. 2).

Таблиця 2. Хімічний склад, функціонально-технологічні та структурно-механічні характеристики модельних зразків котлет ($n = 3; P \geq 95$)

Показники	Контроль	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4
Масова частка вологи, %	69,95	71,47	71,50	72,67	72,56
Масова частка білка, %	9,89	10,61	10,63	10,60	10,65
Масова частка жиру, %	19,46	17,19	17,14	16,00	16,06
Масова частка золи, %	0,70	0,73	0,73	0,73	0,73
pH,	6,0	6,02	6,07	6,08	6,07
ВЗЗ, %	78,20	79,09	79,85	80,10	81,14
ВУЗ, %	67,90	74,50	74,70	75,1	75,79
ЖУЗ, %	68,00	74,40	74,52	74,63	74,57
Емульгуюча здатність, %	69,80	79,90	79,86	79,91	79,88
Стабільність емульсії, %	77,30	89,40	90,40	89,95	90,02
Вихід	74,58	80,76	81,30	81,78	81,83
Пенетрація, мм	28,4	19,7	17,9	17,6	17,09
Пенетраційна напруга, Па	17,25	24,87	27,37	27,54	27,63

Результати досліджень свідчать також про зростання стабільності м'ясних систем дослідних зразків на 15,7—16,5% порівняно з контрольним зразком. Отже, представлені результати дослідження зазначених показників дають повну уяву про м'ясні системи, їх структуру, здатність поглинати та утримувати вологу під час теплової обробки [2—8].

Зниження показника активності води a_w у дослідних зразках обумовлює відповідне зниження температури початку кристалізації вологи у м'ясних

фаршевих системах і, відповідно, зміну характеру процесу кристалізації води у клітинній структурі м'язової тканини [5; 8]. Так, значення кріоскопічної температури становило для контрольного зразка мінус 1,75°C. Кріоскопічна температура дослідних зразків суттєво знижувалася і становила для зразків: № 1 — мінус 3,84°C; № 2 — мінус 4,16°C; № 3 — мінус 4,58°C; № 4 — мінус 4,56°C. Збільшення показника a_w порівняно зі значеннями до заморожування для дослідних зразків на 0,002, а для контрольного — на 0,005, пояснюється частковим руйнуванням клітинних стінок і виділенням м'ясного соку та є більш суттєвим для контрольного зразка [3; 5; 6].

При заморожуванні і зберіганні в замороженому стані протягом 30 діб змінюється також концентрація водних розчинів м'ясних систем, що впливає на зміну показника рН та сили іонних взаємодій у наближеному до молекули білка шарі. Це явище є наслідком не лише дегідратації та агрегації, але й розпаду глікогену, що залишився у м'ясі до заморожування, та утворення молочної кислоти. Під час заморожування, зберігання, розморожування й термічного оброблення у посічених напівфабрикатах спостерігалось незначне зниження величини рН на 0,02—0,04 відносно початкового рівня рН.

Висновки

Отримані результати підтверджують доцільність використання білково-полісахаридних сумішей у кількості 2% як речовин, дії яких направлені на кріозахист м'ясних фаршевих систем від впливу низьких температур. Їх стабілізуюча дія проявляється у зниженні негативного впливу фізико-хімічних факторів на якісні показники посічених напівфабрикатів, у покращенні їх консистенції та підвищенні соковитості. Доведено, що найбільш функціональною є білково-полісахаридна суміш, що містить білок плазми крові, казеїнат натрію, клітковину подорожника та льону в рівних співвідношеннях (суміш 4).

Література

1. Рогов И.А. Химия пищи. Кн. 1 (Белки: структура, функции, роль в питании). Москва: КолосС, 2007. 853 с.
2. Салаватулина Р.М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве. Санкт-Петербург: ЗАО Торговый дом Георд, 2005. 236 с.
3. Фейнер Г. Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации / пер. с англ. Н.В. Магды. Санкт-Петербург: Профессия, 2010. 720 с.
4. Differences in the structure and dynamics of the adsorbed layers in protein stabilized model foams and emulsion / D.C. Clark, R.M. Alan, J. Pete et al.; *Royal Society of Chemistry. Faraday Discussion*. 1994. Vol. 98. P. 253—262.
5. Куцакова В.Е., Бараненко А.В., Бутова Т.Е., Кременевская М.И. Холодильная технология пищевых продуктов. Часть III. Биохимические и физико-химические основы. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2011. 272 с.
6. Сязин И.Е., Касьянов Г.И. Феномен криообработки продуктов: монография. Саарбрюккен, Германия: Palmarium Academic Publishing, 2012. 296 с.
7. Касьянов Г.И., Квасенков О.И., Сязин И.Е., Кочерга А.В. Инновационные технологии криообработки сельскохозяйственного сырья: монография. Краснодар: Изд. ФГБОУ ВПО «КубГУ», 2013. 147 с.
8. Shevchenko I., Skochko A. Advantages of using proteins in the production of truncated semi-finished products. *Food and Environment Safety. Journal of Faculty of Food Engineering, Ștefan cel Mare University. Suceava Volume XVII, Issue 3*. 2018. P. 272—277.

RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF WHEAT AND SPELT GRAIN AS RAW MATERIALS FOR FLOUR AND GROATS MANUFACTURING

D. Zhygunov, M. Mardar, S. Sots, Yu. Barkovskaya, G. Zhyhunova
Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

Wheat
Spelta
Hardness
Milling properties
Groats properties
Alveograph
End-use application

Article history:

Received 10.09.2018
Received in revised form
26.09.2018
Accepted 18.10.2018

Corresponding author:

D. Zhygunov
E-mail:
dimius75@gmail.com

ABSTRACT

The study of two different methods of grain hardness definition of different types and varieties of wheat and spelt is presented in the article. It is shown that grain hardness is an important indicator that determines the end-use purpose of grain. There were investigated next samples of winter wheat: durum wheat of Liner variety, hard red waxy wheat of Sofiika variety; "common" hard red wheat of Kuyalnik variety; hard black wheat of Chornobrova variety; soft white wheat Bilyava; soft red wheat of Oksana variety; red spelta wheat of German origin; white spelta wheat of Zorya of Ukraine variety.

It was established that samples of durum and hard wheat (except for the Chornobrova variety) had a hardness index of more than 60 units and grinding time less 30 s. Soft wheat and spelta had negative values of the hardness index and grinding time values more than 85 s. The least softness among them had sample of red spelta type for both determined methods of hardness. The highest grinding time more than 2.5—3.0 times compared to soft wheat varieties had two samples of white spelta of Zorya of Ukraine variety.

A high direct correlation relationship was found between the flour yield on a CD-1 laboratory mill under the same milling conditions and the inverse correlation relationship between the yield of groats with the milling time of the 6-gram grain sample — $r = 0.79$ and $r = -0.73$, respectively. Between the flour yield / the groats yield and the hardness index the correlation coefficient is — $r = -0.95$ and 0.93 , respectively. Significant differences in the behavior under milling of spelta grain to patent flour and under its processing to groats in laboratory equipment are shown. The directions of the end-use of wheat and spelta grain are grounded. It is recommended using spelta grain of German origin for the production of patent flour, as well as for the production of groats. Using spelta grain of Zorya Ukraine variety is recommended for the production of flakes or for the production of whole-wheat flour.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-26

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПШЕНИЦІ ТА СПЕЛЬТИ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БОРОШНА І КРУПИ

Д.О. Жигунов, М.Р. Мардар, С.М. Соц, Ю.С. Барковська, Г.Д. Жигунова
Одеська національна академія харчових технологій

У статті досліджено твердозернистість різних типів і сортів зерна пшениці, у тому числі спельти, двома різними методами та показано, що твердозернистість зерна — важливий показник, який обумовлює цільове використання зерна. Досліджували тверду пшеницю сорту Лайнер, м'яку червону твердозерну ваксі-пшеницю сорту Софійка, звичайну м'яку червону твердозерну пшеницю сорту Куяльник, м'яку чорну твердозерну пшеницю сорту Чорноброва, м'яку білу м'якозерну пшеницю сорту Білява, м'яку червону м'якозерну пшеницю сорту Оксана; червону спельту німецького походження, білу спельту сорту Зоря України.

На основі проведених досліджень встановлено, що зразки твердої та твердозерної м'якої пшениці (крім сорту Чорноброва) мали індекс твердозерності більше 60 од. при тривалості розмелу до 30 с. Сорти м'якозерної пшениці й спельти мали від'ємні значення індексу твердозерності та розмелювались довше ніж за 85 с. Найменшу м'якозерність серед спельтової пшениці мав тип червоної спельти німецького походження за двома показниками твердозерності. Найбільшу тривалість подрібнення, більшу в 2,5—3,0 рази, якщо порівняти з м'якозерними сортами м'якої пшениці, мали два зразки білої спельти Зоря України.

Встановлено високий прямий кореляційний взаємозв'язок між виходом борошна на лабораторному млині CD-1 в однакових умовах розмелу та зворотний кореляційний взаємозв'язок між виходом дробленої крупи з тривалістю розмелу 6-грамової наважки — $r = 0,79$ та $r = -0,73$ відповідно. Між виходом борошна/виходом крупи та індексом твердозерності коефіцієнт кореляції складає $r = -0,95$ та $0,93$ відповідно. Показано істотні відмінності поведінки зерна спельти при його розмелі у сортове борошно та дробленні у крупу на лабораторних установках. Обґрунтовано напрями цільового використання зерна пшениці та спельти. Рекомендовано для виробництва сортового борошна, а також для виробництва цілої або дробленої крупи використовувати спельту німецького походження, для виробництва пластівців або для виробництва цілнормального борошна — спельту сорту Зоря України.

Ключові слова: пшениця, спельта, твердозернистість, борошномельні властивості, круп'яні властивості, альвеограф, цільове використання.

Постановка проблеми. Зерно та зернові продукти відіграють важливу роль у харчуванні, забезпечують більше половини щоденного споживання енергії в усьому світі. Серед усіх зернових пшениця займає перші позиції, оскільки зерно містить білок з винятковими фізичними та хімічними власти-

востями, здатний при гідратації набухати й утворювати еластичну, пружну, розтяжну масу — клейковину. Залежно від ретельності промивання сухі речовини клейковини містять 75—85% білка (переважно гліадину та глютеніну [1]), 5—10% ліпідів. Велика частина залишку — крохмаль і некрохмальні вуглеводи. Білки гліадину та глютеніну не розчинюються у воді, але екстрагуються етанолом і лугом та характеризуються високим рівнем глютамінів і залишків проліну [2]. Різні види, типи та сорти пшениці відрізняються за вмістом білка, його складом і розподілом клейковинних та неклейковинних білків, за вмістом крохмалю, співвідношенням його структурних компонентів — амілози та амілопектину. Через це вони мають різні фізико-технологічні й хіміко-технологічні властивості.

Щорічно вирощується близько 700 млн т пшениці, з якої 95% припадає на *Triticum aestivum* — гексаплоїдний вид (геноми AABBDD), який називають «звичайною» або «хлібною» пшеницею [3]. У цієї пшениці розрізняють твердозерні та м'якозерні типи, останні використовують для виробництва кондитерських виробів [4; 5]. Крім того, щорічно вирощується близько 35—40 млн т *Triticum turgidum* var. *Durum* — тетраплоїдний вид, пристосований до гарячих сухих умов навколо Середземного моря та подібного клімату в інших регіонах. Ця пшениця використовується, головним чином, для виготовлення макаронних виробів, тому її часто називають «пшеничною макаронною» або «твердою пшеницею».

Інші більш «стародавні» види пшениць, які використовували раніше, сьогодні вирощують лише на невеликих територіях. Їх широко застосовують у селекції звичайних пшениць, для виробництва традиційних продуктів харчування (борошна та круп) їх практично не використовують, але останнім часом знову зацікавилися тим, що ці пшениці можуть бути багатими на біологічно активні компоненти і тому підходять для виробництва високоякісних продуктів харчування з підвищеними корисними властивостями для здоров'я [6]. Найбільш відомі та широко вивчені зі «стародавніх» пшениць: диплоїдна пшениця однозернянка (*Triticum monococcum* var. *Monococcum* genome AA), тетраплоїдна (як дурум) пшениця емер (*T. turgidum* var. *Dicoccum* genomes AABB), яку також називають полбою, та гексаплоїдна пшениця спельта (*T. aestivum* var. *Spelta* genomes AABBDD), яка має такий же набір геномів, що й хлібна пшениця. Спельта, емер і більшість форм однозернянок відрізняються від хлібної та макаронної пшениць тим, що їх оболонки залишаються щільно закритими над зернівками і не видаляються при обмолоті [3].

Технологічні показники якості пшениці, що обґрунтовують її подальше цільове використання, поділені на дві групи: фізико-технологічні та хіміко-технологічні. Склоподібність зерна, колір, маса 1000 зерен, натура, форма та твердозерність є важливими фізичними характеристиками, які впливають на якість зерна пшениці як об'єкта переробки на борошно, крупи або макаронні вироби [7; 8]. Хімічні характеристики включають вміст білка, показник седиментації, кількість та якість клейковини, число падіння тощо та обумовлюють споживні властивості готових продуктів харчування. Це стосується зерна. При оцінці якості борошна оцінюють також реологічні властивості тіста та показники пробної випічки хліба [9].

Консистенція ядра є однією з найважливіших характеристик для розмелювання або подрібнення зерна, також вона впливає на хлібопекарські властивості пшениці. На основі твердості (твердозерності) ядра пшениця класифікується як м'язозерна, змішана (напівтвердозерна), твердозерна та дурум [10, с. 50]. Ця класифікація є основоположною для диференціації світової торгівлі пшеничним зерном [7]. Твердозерна пшениця більш підходить для дріжджового хліба, оскільки пошкоджений крохмаль поглинає більше води, тоді як борошно м'язозерної пшениці краще використовувати для печива та тістечок.

Ядро м'язозерної пшениці легко подрібнюється, що призводить до виробництва великої кількості непошкоджених гранул крохмалю. Борошно з більш грубою текстурою виробляється з твердозерної пшениці, з більшою кількістю зруйнованих крохмальних зерен і з більшими енерговитратами при помелі. Чим твердіше зерно, тим триваліше воно подрібнюється.

Довгий час в Україні вирощувалася і селекціонувалися звичайна хлібопекарська пшениця, яка сьогодні використовується для виробництва всього асортименту харчової продукції: подрібненої крупи, пластівців, борошна не тільки для хлібобулочних, але й для кондитерських, макаронних виробів, хоча в усьому світі прийнята практика цільового використання зерна. У зв'язку з цим у Селекційно-генетичному інституті (СГІ) — Національному центрі насіннезнавства та сортовивчення Української академії аграрних наук, Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Всеукраїнському науковому інституті селекції (ВНІС) та ін. створені і зареєстровані в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, нові види і типи пшениць, хоча напрями використання деяких у тому ж реєстрі не вказані. Основна частина наукових праць вітчизняних вчених присвячена вивченню агрономічних властивостей і хімічного складу пшениць, зокрема їхніх технологічних властивостей як об'єктів переробки [11; 12], однак порівняльного дослідження борошномельних, круп'яних і хлібопекарських властивостей проведено не було.

Мета статті: провести порівняльні дослідження борошномельних, хлібопекарських та круп'яних властивостей різних видів і типів пшениці для обґрунтування напрямів їх подальшої переробки.

Матеріали і методи. Предметом досліджень були обрані 10 зразків пшениці врожаю 2016 р. і 2017 р.: 1-й зразок — тверда (дурум) пшениця сорту Лайнер (2016 р.); 2-й зразок — м'яка червона твердозерна ваксі пшениця сорту Софійка (2016 р.); 3-й та 4-й зразки — м'яка червона твердозерна пшениця сорту Куяльник (2016 р., 2017 р.); 5-й зразок — м'яка чорна твердозерна пшениця сорту Чорноброва (2016 р.); 6-й зразок — м'яка біла м'язозерна пшениця сорту Білява (2016 р.); 7-й зразок — м'яка червона м'язозерна пшениця сорту Оксана (2016 р.); 8-й зразок — червона спельта німецького походження; 9-й та 10-й зразки — біла спельта сорту Зоря України (2016, 2017 р.). Це перший вітчизняний сорт, селекціонований під керівництвом Ф.М. Парія у ВНІС. Зразки плівчастих пшениць (8—10), які надійшли на дослідження, були попередньо обрушені.

Для дослідження фізико-хімічних показників зерна (вологість, зольність) використовували стандартні методики: вологість зерна шляхом висушування в сушильній шафі при температурі 130°C згідно з ГОСТ 13586.5-93 та

ГОСТ 9404-88, зольність зерна і продуктів його переробки — озолінням у муфельній печі при температурі 800°C згідно з ГОСТ 10847-74 та ГОСТ 27494-87. Твердозерність зерна оцінювали двома методами: твердозерність за швидкістю розмелу — тривалістю подрібнення наважки 6 г зерна на установці Brabender Automatic Micro Hardness Tester згідно з [13]. Для цього зважували наважку зерна приблизною вагою 10 г, встановлювали ваги, а потім подрібнювали на установці Brabender та вимірювали час, за який подрібнюється 6 г зерна. Твердозерність за ІЧ — шляхом аналізу зразка подрібненого зерна на аналізаторі Inframatic 8600, використовуючи його стандартні калібровки.

Борошномельні властивості оцінювали за результатами лабораторного помелу на млині CD-1, який складається з двох половин: драної та розмельної частин. При розмелі зерно однократно проходить крізь три рифлених вальця, потім просіюється на бураті, який має два сита — для отримання драних висівок, крупки та драного борошна. Розмельна частина оснащена парою вальців для подрібнення крупки, а також буратом для відокремлення борошна від розмельних висівок. Згідно з інструкцією до млину для отримання стандартного виходу борошна від 60 до 70% здійснювали двократний пропуск крупки.

Круп'яні властивості оцінювали за результатами отримання дробленої крупи на лабораторному подрібнювачі Falling Number AB з подальшим провіюванням на аспіраційній установці Paul Polikeit, яка дає змогу відібрати три фракції крупи: найкрупніша фракція відноситься до дробленої крупи, інші дві дрібні фракції (дрібка) та мучка — до побічних продуктів. Чим вищий вихід першої фракції, тим кращі круп'яні властивості зерна.

Перед проведенням випробувань борошномельних і круп'яних властивостей зерно очищували від зернової та смітцевої домішок. Твердозерні сорти пшениці (зразки 1—5) перед помелом зволожували до 16,0%, м'якозерні сорти пшениці та спельти (зразки 6—10) — до 15,0% з відволоженням 24 та 16 год відповідно. При отриманні дробленої крупи зерно додатково не зволожували.

Кількість води (K), необхідної для зволоження, визначали за формулою:

$$K = m * ((100 - W0) / (100 - W1) - 1), \quad (1)$$

де m — маса зерна, г; $W0$ — вологість зерна вихідна, %; $W1$ — вологість зерна перед помелом, %.

Реологічні властивості тіста оцінювали на альвеографі згідно з процедурою ISO-27971 без адаптивного зволоження на підставі вологості сортового борошна, отриманого при помелі на лабораторному млині CD-1. Водопоглинальну здатність оцінювали на міксолобі згідно з ISO-17718.

Результати і обговорення. Досліджені зразки зерна за показниками твердозерності (табл. 1) чітко розділились на дві групи: зразки твердої та твердозерної м'якої пшениці (крім сорту Чорноброва) мали індекс твердозерності за ІЧ-аналізатором (НІ — hardness index) більше 60 од. при тривалості розмелу до 30 с. Сорт Чорноброва незначно поступався сорту Куяльник — тривалість розмелу 6-грамового зразка була лише на 12—15 с більша, а індекс твердозерності за ІЧ-аналізатором складав 48 од.

Сорти м'якозерної пшениці та спельти мали від'ємні значення НІ та розмелювались довше ніж за 85 с. Найменшу м'якозерність серед спельтової

пшениці мав тип червоної спельти за двома показниками твердозерності. Найбільшу тривалість подрібнення, більшу в 2,5—3,0 рази, якщо порівняти з м'якозерними сортами м'якої пшениці, мали два зразки спельти Зоря України.

Таблиця 1. Показники якості зерна різних сортів пшениці та спельти

Назва зразка	Вологість вихідного зерна, %	Вологість зерна перед помелом*, %	Тривалість розмелу 6 г, с	Індекс твердозерності за ІЧ-аналізатором, од.
1. Лайнер	12,0	16,0	18	166
2. Софійка	12,1	16,0	23	70
3. Куяльник 2016 р.	12,5	16,0	24	67
4. Куяльник 2017 р.	11,4	16,0	27	61
5. Чорноброва	12,3	16,0	39	48
6. Білява	13,0	15,0	88	-33
7. Оксана	12,5	15,0	102	-33
8. Червона спельта	13,0	15,0	85	-14
9. Зоря України 2016 р.	13,5	15,0	212	-25
10. Зоря України 2017 р.	13,3	15,0	278	-39

Примітка: * згідно з розрахунками розрахункового значення у результаті зволоження зерна перед помелом.

Оскільки для розмелу зерна застосовували лабораторний млин CD-1, то вихід борошна при однаковій кількості проходів через вальці: однократно — на драній стороні, та двічі — на розмельній стороні зростав прямо пропорційно зменшенню твердозерності зерна: коефіцієнт кореляції виходу сортового борошна з тривалістю розмелу 6-грамової наважки — $r = 0,79$, з індексом твердозерності — $r = -0,95$.

Зерно сортів Лайнер і Софійка внаслідок своєї твердості і при однакових умовах розмелювання та просіювання порівняно з іншими зразками не встигало подрібнюватись, про що свідчить велика кількість (42,0—47,0%) висівок. Тільки для цих двох зразків у зворотних умовах помелу кількість розмельних висівок перевищувала кількість драних висівок, а кількість борошна була меншою 60% (табл. 2). При помелі зразків м'якої твердозерної пшениці сорту Куяльник і Чорноброва (яка створена на основі схрещування пшениці Куяльник з пшеницею DONG 10 китайського походження) вихід борошна знаходився в межах, прописаних інструкцією до млина (60—70%), а відношення виходу драних до розмельних висівок складало 1,02—1,21, що також свідчить про недостатнє подрібнення зерна, тому що у виробничих умовах це співвідношення складає 1,5—2,0.

При помелі сортів м'якозерної пшениці та спельти вихід борошна перевищував 70%, тобто для забезпечення цієї норми виходу борошна, що рекомендована при розмелі зерна на CD-1, для м'якозерної пшениці та спельти достатній одноразовий пропуск крупки крізь розмельні вальці. Проте при майже однаковому високому виходу борошна характер подрібнення сортів Білява та Оксана істотно відрізнявся від спельтового зерна. М'якозерні сорти вимелювались дуже погано, утворюючи значну кількість драних висівок —

більшу у 2,58—3,19 раза за кількість розмельних висівків. Спельтові пшениці при більшому виході борошна утворювали висівки з гарним співвідношенням між драними та розмельними, тобто їх розмелювання відбувалося легше, що при виробництві сортового борошна в промислових умовах потребує більш короткої схеми як драного, так і розмельного процесів.

Таблиця 2. Вихід продуктів на лабораторному млині CD-1 з різних сортів пшениці та спельти

Назва зразка	Вихід сортового борошна, %	Вихід висівок, %	Загальний вихід, %	Відношення виходу драних / розмельних висівок
1. Лайнер	53,0	47,0	100,0	0,92
2. Софійка	58,0	42,0	100,0	0,94
3. Куяльник 2016 р.	61,2	38,8	100,0	1,03
4. Куяльник 2017 р.	63,9	36,1	100,0	1,02
5. Чорноброва	67,6	32,5	100,0	1,21
6. Білява	71,1	28,9	100,0	3,19
7. Оксана	69,8	30,3	100,0	2,58
8. Червона спельта	72,1	27,9	100,0	1,31
9. Зоря України 2016 р.	72,2	27,9	100,0	1,44
10. Зоря України 2017 р.	73,3	26,7	100,0	2,12

При вивченні круп'яних властивостей (табл. 3) встановлено, що чим вища твердозерність, тим вищий вихід дробленої крупи: коефіцієнт кореляції виходу дробленої крупи з тривалістю розмелу 6-грамової наважки — $r = -0,73$, з індексом твердозерності — 0,93. За виходом крупи м'якозерні сорти пшениці поступаються твердозерним. Зерно спельти також володіє невисокими круп'яними властивостями. Серед досліджених зразків спельти найкращі круп'яні властивості притаманні більш твердозерній червоній спельті німецького походження.

Таблиця 3. Вихід продуктів при отриманні дробленої крупи з різних сортів пшениці та спельти

Назва зразка	Вихід дробленої крупи, %	Вихід дрібки та мучки, %	Загальний вихід, %
1. Лайнер	88,4	11,6	100,0
2. Софійка	86,9	13,1	100,0
3. Куяльник 2016 р.	83,8	16,2	100,0
4. Куяльник 2017 р.	81,8	18,2	100,0
5. Чорноброва	81,5	18,5	100,0
6. Білява	75,2	24,8	100,0
7. Оксана	74,5	25,5	100,0
8. Червона спельта	78,6	21,4	100,0
9. Зоря України 2016 р.	74,7	25,3	100,0
10. Зоря України 2017 р.	75,5	24,5	100,0

Як видно з табл. 4, зольність борошна з твердозерної м'якої пшениці Куяльник складала 0,39—0,40%, що значно менше, ніж у виробничих умовах,

та обумовлено як низькою зольністю зерна, так і низьким виходом борошна при розмелі на млині CD-1 за стандартною процедурою. Зольність борошна твердої та ваксі-пшениці сортів Лайнер і Софійка перевищувала зольність борошна м'якої твердозерної пшениці, а зольність м'язозерних сортів Білява та Оксана, навпаки, була меншою, що узгоджується з даними [14; 15]. Зольність усіх зразків сортового спельтового борошна була вищою за норми зольності для вищого сорту 0,55%, що обумовлено її високим виходом в умовах експерименту.

Зольність дробленої крупи для всіх досліджених зразків перевищувала її значення у вихідному зерні внаслідок утворення незначної кількості мучки при дробленні зерна. При цьому, незважаючи на більший вихід мучки із зерна спельти, зольність спельтової крупи була найбільшою — 1,84—2,07%.

Таблиця 4. Зольність зерна і продуктів із різних сортів пшениці та спельти

Назва зразка	Зольність зерна, %	Зольність сортового борошна, %	Зольність дробленої крупи, %
1. Лайнер	1,56	0,51	1,59
2. Софійка	1,54	0,48	1,60
3. Куяльник 2016 р.	1,36	0,40	1,45
4. Куяльник 2017 р.	1,40	0,39	1,51
5. Чорноброва	1,52	0,48	1,63
6. Білява	1,51	0,41	1,66
7. Оксана	1,47	0,45	1,62
8. Червона спельта	1,73	0,57	1,84
9. Зоря України 2016 р.	1,89	0,62	2,07
10. Зоря України 2017 р.	1,89	0,60	2,04

За результатами аналізу реологічних властивостей тіста на альвеографі (табл. 5), як і очікувалось, встановлено, що найкращі хлібопекарські властивості притаманні борошну з пшениці сорту Куяльник — показник W складав 439 та 372 од.ал., а показник конфігурації альвеограми P/L не перевищував значення 1,2. Тісто мало високу еластичність, що також добре для хліба, але не підходить для деяких інших виробів, наприклад, для піци.

Борошно з пшениці Чорноброва має задовільну еластичність — $I_e = 39,0$, меншу пружність P , краще співвідношення P/L , але невисокі значення показника W — 137 од.ал., тому його самостійно для випічки хліба застосовувати нерационально, але у кількості 20—30% у складі композитної суміші з борошном з хлібопекарської пшениці борошно із сорту Чорноброва може використовуватись як поліпшувач не тільки біологічної цінності, але й технологічної якості хліба.

Борошно з твердої пшениці Лайнер і твердозерної ваксі-пшениці Софійка при застосуванні стандартного протоколу альвеографа не змогло реалізувати свій потенціал внаслідок значної відмінності від хлібопекарського борошна, насамперед через високу водопоглинальну здатність (ВПЗ) — 63% та 67%, відповідно, у порівнянні з 58,5% у борошні з сорту Куяльник. Тому, також як і для борошна з пшениці Чорноброва, борошно з ваксі-пшениці рекомендується застосовувати для коригування хлібопекарської сили звичайного борошна,

наприклад, для підвищення ВПЗ композитного борошна, якщо хлібопекарське борошно має ВПЗ менше 57,0% або для виробництва макаронних виробів з більшою гранулометрию борошна з твердої та ваксі-пшениці.

Борошно з м'язозерної пшениці мало відповідну розтяжність, невисоке значення коефіцієнта P/L — 0,74—0,81, але низьку «хлібопекарську силу» — $W = 155—162$ од, низьку ВПЗ — 52—53,5%. Усі зразки спельтового борошна мали ще меншу міцність, низьку еластичність і низьку здатність до випічки хліба. ВПЗ спельтового борошна знаходилась у межах 50—51,5%. При таких значеннях альвеограми застосування борошна як сировини для кондитерських виробів, вафельних виробів, пряників, кексів обмежене. Адже для цих виробів потрібне в'язке або в'язко-пластичне тісто.

Таблиця 5. Показники аналізу сортового борошна на альвеографі з різних сортів пшениці та спельти

Назва зразка	Сила борошна W , од. ал.	Коефіцієнт P/L	Індекс розтяжності G	Індекс еластичності I_e , %
1. Лайнер	132	3,82	15,2	31,2
2. Софійка	199	4,30	14,7	20,2
3. Куяльник 2016 р.	439	1,11	22,5	67,6
4. Куяльник 2017 р.	372	1,17	22,3	69,5
5. Чорноброва	137	1,03	18,2	39,0
6. Білява	162	0,81	19,8	49,0
7. Оксана	155	0,74	20,3	42,4
8. Червона спельта	52	0,52	18,5	21,7
9. Зоря України 2016 р.	62	0,25	24,2	29,5
10. Зоря України 2017 р.	50	0,50	17,5	28,9

Висновки

1. При аналізі різних типів і сортів зерна встановлено високий прямий кореляційний взаємозв'язок між виходом борошна на лабораторному млині CD-1 в однакових умовах розмелу та зворотний кореляційний взаємозв'язок між виходом дробленої крупи на лабораторному подрібнювачі Falling Number AB з тривалістю розмелу 6-грамової наважки — $r = 0,79$ та $r = -0,73$ відповідно. Між виходом борошна/виходом крупи та індексом твердозерності коефіцієнт кореляції складає $r = -0,95$ та $0,93$ відповідно.

2. Підтверджено використання твердозерності зерна для обґрунтування цільового використання зерна. Показано, що за цим показником спельта відноситься до м'язозерних сортів. За сукупністю технологічних показників рекомендовано лінію спельти німецького походження використовувати для виробництва борошна, а також для виробництва цілої або дробленої крупи; спельту сорту Зоря України — для виробництва пластівців або для виробництва цільнозмеленого борошна.

3. За реологічними властивостями тіста рекомендовано використання борошна з пшениці Чорноброва, а також твердозерної ваксі-пшениці Софійка у складі композитних сумішей з борошном хлібопекарської пшениці у кількості 20—30% для коригування її властивостей в тому чи іншому напрямку.

При їх самостійному використанні очікуються низькі показники хлібобулочних виробів. М'язозерні сорти м'якої пшениці та спельти доцільно застосовувати як сировину для кондитерських виробів, вафельних виробів, пряників, кексів, для яких характерне в'язке або в'язко-пластичне тісто.

Література

1. Biesiekierski J.R. What is gluten? *J. Gastroenterol. Hepatol.* 2017. Vol. 32. P. 78—81.
2. Wieser H. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol.* 2007. Vol. 24, No. 2. P. 115—119.
3. Shewry P.R., Hey S. Do “ancient” wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? *J. Cereal Sci.* Elsevier Ltd, 2015. Vol. 65. P. 236—243.
4. Ozturk S. et al. Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab®. *Eur. Food Res. Technol.* 2008. Vol. 227, No. 5. P. 1549—1554.
5. Gaines C.S. Associations Among Soft Wheat Flour Particle Size, Protein Content, Chlorine Response, Kernel Hardness, Milling Quality, White Layer Cake Volume, and Sugar-Snap Cookie Spread. *Cereal Chem.* 1985. Vol. 62, No. 4. P. 290—292.
6. Ruibal-Mendieta N.L. et al. Spelt (Triticum aestivum ssp. spelta) as a source of bread-making flours and bran naturally enriched in oleic acid and minerals but not phytic acid. *J. Agric. Food Chem.* 2005. Vol. 53, No. 7. P. 2751—2759.
7. Pasha I., Anjum F.M., Morris C.F. Grain hardness: A major determinant of wheat quality. *Food Sci. Technol. Int.* 2010. Vol. 16, No. 6. P. 511—522.
8. Gaines C.S. et al. Predicting a hardness measurement using the single-kernel characterization system. *Cereal Chem.* 1996. Vol. 73, No. 2. P. 278—283.
9. Лебеденко Т.Є., Пшенишнюк Г.Ф., Соколова Н.Ю. Технологія хлібопекарського виробництва. Практикум. Одеса: Освіта України, 2014. 392 р.
10. Rosentrater K.A., Evers A.D. KENT'S TECHNOLOGY OF CEREALS. Fifth edit. Woodhead Publishing, 2017. 900 p.
11. Семенюк И.В., Чеботарь С.В., Рыбалка А.И., Сиволап Ю.М. Молекулярно-генетический анализ селекционных линий мягкой пшеницы с крахмалом амилопектинового типа. *Цитология и Генетика*, 2011, № 5, 17—22.
12. Господаренко Г.М., Полторецький С.П., Любич В.В. та ін. Характеристика твердості та міцності зернівок пшениці спельти залежно від сорту та лінії. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 93. С. 86—94.
13. Miller B.S., Pomeranz Y., Afework S. Hardness (texture) of hard red winter-wheat grown in a soft wheat area and of soft red winter-wheat grown in a hard wheat area. *Cereal Chemistry*. 1984. Vol. 61, No. 2. P. 201—203.
14. Ahmed R. et al. Comparative study on the physicochemical and rheological parameters of soft wheat flour obtained from three countries. *Am. J. Food Sci. Nutr. Res.* 2015. Vol. 2, No. 3. P. 89—93.
15. Graybosch R.A. et al. Functional properties of waxy wheat flours: Genotypic and environmental effects. *J. Cereal Sci.* 2003. Vol. 38, No. 1. P. 69—76.

APPLICATION OF PHYSICALLY MODIFIED (ACTIVE) WATER FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF FOOD PRODUCTION TECHNOLOGIES AND IMPROVING QUALITY OF PRODUCTION

A. Ukrainets, Yu. Bolshak, R. Svyatnenko, Z. Prohorenko

National University of Food Technologies

Key words:

Water

Living matter

Redox potential

Article history:

Received 11.09.2018

Received in revised form

02.10.2018

Accepted 19.10.2018

Corresponding author:

R. Svyatnenko

E-mail:

Svyatnenko@i.ua

ABSTRACT

The quality of food products is related to the physiological quality of water, although the specifics of production impose their sectoral regulatory adjustments for the quality of water as a component of food products. The chemical and hygienic concept of “clean drinking water” is not identical. From the chemical point of view, the bestilites approach the notion of absolutely pure water. But the hygienic approach defines such water as physiologically inferior.

The article reveals a special role of water, which is the structural and energy basis of living matter, not only in terms of providing the physiological value of drinking water, but also as an important factor in ensuring the quality of food products, the component of which water is practically always. The evolution of drinking water quality criteria from the indicators of its sanitary-chemical safety to the adoption of the notion of the physiological quality of drinking water as well as the influence of water on the quality of food products is considered. The advantage of water as a source of nutrient supplementation is shown.

A new approach to the purposeful change of physico-chemical and biological properties of water through the non-reagent (physical) influence on water by various physical factors is considered. It is shown that in this case, without any changes in its chemical composition, physically modified water is capable for acquiring a new quasi non-equilibrium thermodynamic state associated with the accumulation of excess free energy by water molecules. At the expense of the latter, after the cessation of physical effects on water, work (including biological) can be performed in those media to which water enters. The feature of use of non-reagent modified (activated) water as a component of aqueous media in food technologies is shown. Numerous examples of the successful introduction of electrochemically activated water (anolyte and catholyte) in various branches of food production are presented, and the resulting technical and economic, ecological effect and quality improvement of products are given.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-27

ЗАСТОСУВАННЯ ФІЗИЧНО ЗМІНЕНОЇ (АКТИВОВАНОЇ) ВОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

А.І. Українець, Ю.В. Большак, Р.С. Святненко, Ж.І. Прохоренко

Національний університет харчових технологій

Якість харчових продуктів пов'язана з фізіологічною повноцінністю води, хоча специфіка виробництва накладає свої галузеві нормативні корективи щодо якості води як складової харчової продукції. Хімічне та гігієнічне поняття «чиста питна вода» не тотожні. З хімічного погляду бідистилят наближається до уявлення про абсолютно чисту воду. Але гігієнічний підхід визначає таку воду як фізіологічно неповноцінну.

У статті розкривається особлива роль води, яка є структурно-енергетичною основою живої матерії, не тільки в плані забезпечення фізіологічної повноцінності питної води, але й як важливого фактора забезпечення якості харчової продукції, компонентом якої вода є практично завжди. Розглянуто еволюцію критеріїв якості питної води від показників її санітарно-хімічної безпеки до прийняття поняття фізіологічної повноцінності питної води, а також вплив води на якість харчових продуктів. Показано перевагу води як джерела поповнення організму біогенними речовинами.

Проаналізовано новий підхід до цілеспрямованої зміни фізико-хімічних та біологічних властивостей води шляхом безреагентного (фізичного) впливу на воду різними фізичними чинниками. Показано, що при цьому, без будь-яких змін її хімічного складу, фізично змінена вода здатна набувати нового квазі-нерівноважного термодинамічного стану, пов'язаного з накопиченням молекулами води надлишкової вільної енергії. За рахунок останньої, після припинення фізичної дії на воду, може виконуватися робота (включаючи біологічну) в тих середовищах, до яких вода входить. Показано особливість використання безреагентно модифікованої (активованої) води як компонента водних середовищ у харчових технологіях. Наведено численні приклади успішного впровадження електрохімічно активованої води (аноліту та католіту) в різноманітних галузях харчових виробництв та одержаний від цього техніко-економічний, екологічний ефект і покращення якості продукції.

Ключові слова: *вода, жива матерія, окисно відновний потенціал.*

Постановка проблеми. За сучасними уявленнями, вода є структурно-енергетичною основою живої матерії, а тому питна вода, вкрай необхідна для підтримки життєдіяльності, набуває статусу головного продукту харчування. За біоритмічною шкалою поповнення організму критично важливими біогенними чинниками пиття води знаходиться посередині між ритмом дихання та ритмом вживання їжі. Але вода є також неодмінним компонентом переважної кількості харчових продуктів, а її хімічний склад і фізико-хімічні

властивості суттєво впливають як на процеси виготовлення харчових продуктів, так і на їх якість (біологічну цінність), терміни зберігання і, врешті, певним чином впливає на техніко-економічні й екологічні показники харчових виробництв.

Основними вимогами до якості води як сировинного компоненту харчових продуктів є норми Держстандарту [1]. В останній редакції ДСанПіН 2.2.4-171-10 від 19.09.2011 додано нові принципово важливі показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води. Для дев'яти показників — загальної жорсткості й лужності та сухого залишку, а також вмісту йоду, калію, кальцію, натрію, магнію та фторидів — встановлено мінімально припустиму норму вмісту в питній воді, що означає визнання особливої біологічної цінності для здоров'я людини наявності цих інгредієнтів у питній воді як важливого джерела поповнення організму.

Якість харчових продуктів пов'язана з фізіологічною повноцінністю води, хоча специфіка виробництва накладає свої галузеві нормативні корективи щодо якості води як складової харчової продукції. Хімічне та гігієнічне поняття «чиста питна вода» не тотожні. З хімічного погляду бідистилат наближається до уявлення про абсолютно чисту воду. Але гігієнічний підхід визначає таку воду як фізіологічно неповноцінну. Важливість питної води як джерела поповнення організму біогенними макро- та мікроелементами полягає в тому, що засвоєння їх з води значно ефективніше, ніж із їжі. Так, засвоєння з їжі залежить від активності відповідних ферментів, яка змінюється з віком, а також від ряду причин, які визначаються фізіологічним станом організму.

При готуванні їжі у знесоленій воді екстракція поживних речовин максимальна порівняно з водою з повноцінним природним солевмістом. Якщо відвар не входить до складу готового продукту, то разом з відваром продукт втрачає екстраговані при варінні поживні речовини. І навпаки, ми збагачуємо варений продукт, додаючи до води важливі інгредієнти [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна фізика води відкрила її унікальні властивості бути приймачем, накопичувачем і транслятором енергії зовнішніх фізичних чинників на воду, які без жодної зміни її хімічного складу здатні суттєво змінювати структурно-енергетичний стан води, переводячи її з термодинамічно рівноважного стану у стан квазінерівноважний [3]. Коли молекули води повертаються до рівноважного стану, віддаючи при цьому надлишок надбаної вільної енергії, вона може піти на виконання роботи (в тому числі біологічної роботи у середовищі, до якого збуджена вода входить). Якщо активована вода входить до складу технологічних середовищ харчового виробництва, то, цілеспрямовано змінюючи структурно-енергетичний стан води, ми здатні позитивно спрямовувати фізичні, хімічні, фізико-хімічні та мікробіологічні процеси в харчових технологіях в напрямку їх бажаної оптимізації, за рахунок цього поліпшувати їх техніко-економічні й екологічні показники і, врешті, підвищувати якість продукції. На відміну від хімічних реагентів, активована вода, яка може набувати тотожний їм спектр кислотно-лужних та окисно-відновних станів, після завершення технологічного процесу стає звичайною водою.

Крім основних напрямків безреагентної активації води, найбільш теоретично та емпірично розробленим є регулювання електронодонорного стану води різними фізичними методами, серед яких домінує метод електрохімічної активації води (ЕХАВ) з використанням діафрагмових електролізерів — активаторів [4].

Метою дослідження є узагальнення нових уявлень про воду як чутливого сенсора, накопичувача та ретранслятора різних фізичних чинників, що призводить до зміни структурно-енергетичного стану води, а також розгляд нових явищ, коли фізично змінена вода може впливати на фізико-хімічні та біологічні властивості середовищ, компонентом яких вона є.

Викладення основних результатів дослідження. Для ілюстрації особливостей і можливостей методу наводимо діаграму вегетативної активності мікроорганізмів в електрохімічно активованому водному середовищі в координатах ОВП та рН. За результатами досліджень М. Lotts [5] мікроорганізми різних типів і груп живуть та розмножуються у поживних середовищах лише в певних межах величин ОВП, залежних від кислотно-лужного стану цих середовищ. Автор створював у поживному середовищі бажані коваріантні величини ОВП та рН, додаючи в них певну кількість особливого біметалічного грануляту типу KDF Media, до складу якого входять компоненти міді та цинку.

За межами зони, окресленої графіком з точок коваріантних значень рН та ОВП, вегетація мікробів не відбувається. На прикладі мікробних клітин *Procariota* змінення рН від кислих значень у бік нейтральної реакції середовища супроводжується розширенням діапазону значень ОВП, сумісних із вегетативною активністю кислотостійких бактерій. Дзеркальна залежність спостерігається також стосовно лужностійких культур.

Тож спрямовано регулюючи редокс-стан поживного середовища, ми здатні очікувано регулювати вегетативну активність мікроорганізмів у робочому середовищі, в тому числі в харчових мікробіологічних технологіях.

Подібні дослідження з мікробними культурами можуть бути відтворені на обладнанні нової дослідницько-випробувальної модульної лабораторії водопроцесування (рис. 1), створеної на базі Проблемної науково-дослідної лабораторії НУХТ.

Ця технологія успішно використовується для оптимізації технологій харчового виробництва. В [5] підвищення якості пива при зменшенні собівартості процесу досягається шляхом додавання у технологічну воду аноліту та католіту, одержаних шляхом електрохімічної активації водного розчину харчової солі із розрахунку 10 г солі на один літр. У процесі пророщування солоду використовується аноліт, який додають у воду для дезінфекції зерна, а в останню замочну воду додають католіт. Аноліт також ефективно використовується для дезінфекційної обробки обладнання бродильних виробництв шляхом додавання католіту в миючу воду, а аноліт — у воду для ополіскування. В катодно обробленій воді в десятки разів зменшується концентрація йонів важких металів, на 50% зменшується жорсткість води. Анодно оброблена вода є ефективним дезінфікуючим і стерилізуючим розчином універ-

сального застосування та високої екологічної досконалості. При замочуванні в ЕХАВ спостерігається підвищення проникності оболонок зерна та прискорюється перенесення поживних речовин. Це спричиняє прискорення біологічних процесів у зерні та збільшує енергію його проростання. Рівномірна гідратація сприяє покращенню роботи гідролітичних ферментів, які легко розчиняють залишки матриці та малі крохмальні зерна. Зволоження свіжопророслого солоду перед ферментацією ЕХА водою дає змогу скоротити термін ферментації у 2—3 рази, підвищити якість ферментованого солоду.



Рис. 1. Дослідницько-випробувальна модульна лабораторія водообробки

Приготування затору на ЕХАВ прискорює процес екстракції в 1,5—2,0 рази. Використання ЕХАВ забезпечує також високоякісну відмивку та стерилізацію будь-якого обладнання з гарантією відсутності на його поверхні мікроорганізмів будь-яких видів.

У [6; 7] розглянуто можливості використання електрохімічної активації молока з метою підвищення його окисно-відновного потенціалу і підвищення таким чином харчової цінності та збільшення терміну зберігання молочної продукції. У [8] досліджено можливість використання ЕХА води для переробки рибної та рослинної сировини. Показано, що використання ЕХА-розчинів покращує якість первинної сировини, інтенсифікує процес ферментативного гідролізу.

Досліджено позитивний вплив активованої води на якість хліба, його зберігання та безпеку вживання [9]. Показано ефективність застосування аноліту для боротьби з мікроорганізмами з метою забезпечення мікробіологічної безпеки хліба при зберіганні.

У процесі розробки безалкогольних напоїв, виготовлених з концентрату пивного та квасного суслу, розбавленого ЕХА водою, спостерігається інтенси-

бей-Литвиненко, В.Б. Захаревич. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького*. 2016. Т. 18. № 2—3(68). С. 120—128.

8. Применение ХА-растворов в биотехнологии продуктов из рыбного и растительного сырья / Р.Г. Разумовская, А.И. Кассамединов, Као Тхи Хуе, Нгуен Ван Хынг, О.В. Збродова. *Вестник Астраханского государственного технического университета*. 2011. № 1(51). С. 28—34.

9. Науменко Н.В. Влияние активированной воды на формирование качества и сохранность хлеба из пшеничной муки. Канд. дис. тех. наук. Санкт-Петербург, 2007. 172 с.

10. Козлов Н.В. Разработка способа применения электрохимически активированной воды в технологии пива и безалкогольных напитков. Автореф. дисс. канд. тех. наук, Москва, 2009. 56 с.

11. Баль-Прилипка Л.В., Леонова Б.Н., Науменко Л.В. Применение активированной воды как основной составляющей рассолов для мясных изделий. *Сетевой журнал «Научный результат»*. Серия «Технологии бизнеса и сервиса». Т. 2, № 1(7). 2016. С. 98—102.

12. Борисенко А.А., Борисенко Л.А., Подхомутов Н.В. Современные нанобиотехнологии в производстве вареных колбас. *Мясные технологии*. 2018. № 3. С. 56—63.

13. Применение воды с модифицированным изотопным составом и рН в мясной промышленности / М.Г. Барышев, С.С. Джимаков, М.А. Долгов, А.С. Дыдыкин, Г.И. Касьянов. *Журнал Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2012. С. 63—71.

14. Абрамов К.М. Использование электроактивированной воды при переработке мяса птицы. Автореф. канд. дисс. биол. наук. Москва, 2008 г. 23 с.

PROSPECT OF THE NEW TYPES OF WHEAT FLOUR USAGE IN THE PRODUCTION OF REFINED SUGAR-FREE HARDTACKS

K. Iorgachova, O. Makarova, K. Khvostenko
Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

Waxy wheat flour
JERUSALEM artichoke powder
Maltose syrup
Refined sugar-free hardtacks
Quality
Physico-chemical characteristics
Sensory characteristics

Article history:

Received 07.09.2018
Received in revised form 27.09.2018
Accepted 19.10.2018

Corresponding author:

K. Iorgachova
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

This study is devoted to the solution of the high quality ensuring problem of long-term storage pastry based on only natural ingredients in case of refined sugar exclusion. The actuality of alternative sugar ingredients search is shown, the experience of their usage in food technologies is considered, possible ways of solving the problems for sugar-free products are offered; the expediency of waxy wheat flour usage in the technology of long-term storage pastry, namely, refined sugar-free hardtacks, is substantiated.

The influence of the waxy wheat flour and the adding stage of the sugar substitute components — Jerusalem artichoke powder and maltose syrup, on the hardtack's quality were determined. The expediency of the alternative sugar ingredients adding in equal parts at the stage of sourdough and dough kneading is shown — the samples were characterized with better quality compared to products, in production of which the whole amount of Jerusalem artichoke powder or maltose syrup was added in sourdough kneading stage. Replacing sugar with Jerusalem artichoke powder or maltose syrup in refined sugar-free hardtack's production leads to the deterioration of the products quality — decreasing the ability of water absorption, increasing products firmness, samples were characterized with dense structure and worst sensory characteristics. For solving this problem in the production of refined sugar-free hardtacks the flour of waxy wheat variety Sofijka, which characterized with weaker strength and higher gas-forming ability, was proposed. It is proved that the production of refined sugar-free hardtack based on non-amylose flour allows to neutralize the negative effect of the sugar exclusion from the recipe and to obtain products with higher consumer characteristics — with pleasant color, high ability of water absorption, and lower density and, consequently, leavened structure and high porosity.

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БОРОШНА З НОВИХ ВИДІВ ПШЕНИЦІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГАЛЕТ БЕЗ ЦУКРУ

К.Г. Іоргачова, О.В. Макарова, К.В. Хвостенко
Одеська національна академія харчових технологій

У статті досліджується проблема забезпечення високої якості борошняних кондитерських виробів тривалого зберігання при виключенні з рецептури цукру на основі використання інгредієнтів лише натурального походження. Показано актуальність пошуку альтернативних цукру сировинних джерел і розглянуто досвід їх використання в технологіях харчових продуктів, запропоновано можливі шляхи подолання труднощів, які виникають при виготовленні виробів без цукру, обґрунтовано доцільність використання борошна з ваксі-пшениці в технології борошняних кондитерських виробів тривалого зберігання — галет без цукру.

Визначено вплив порошку топінамбура та мальтозного сиропу, які використовували замість цукру, залежно від стадії їх внесення, та борошна з пшениці ваксі на якість галет. Показана доцільність поетапного внесення альтернативної цукру сировини в рівних частках на стадії приготування опари і тіста — зразки виробів відрізнялись кращою якістю порівняно з виробами, при виробництві яких усю кількість порошку або сиропу вносили тільки в опару. Заміна цукру на порошок топінамбура або мальтозний сироп при приготуванні галет на основі хлібопекарської пшеничного борошна призводить до погіршення якості виробів — знижується їх здатність до намокання, підвищується твердість, вироби характеризуються щільною структурою, зниженими органолептичними властивостями. Для вирішення цієї проблеми при виробництві галет без цукру запропоновано використання безамілозного борошна з пшениці ваксі сорту Софійка як більш слабкого за силою з характерною для нього високою газоутворювальною здатністю. Доведено, що приготування галет на основі безамілозного борошна дає змогу нівелювати негативний ефект виключення з рецептури цукру й отримати вироби з поліпшеними споживчими властивостями — приємного насиченого кольору, з високою здатністю до намокання і меншою густиною, а отже, розпушеною структурою і підвищеною пористістю.

Ключові слова: борошно з пшениці ваксі, порошок топінамбура, мальтозний сироп, галети без цукру, якість, фізико-хімічні показники, органолептичні властивості.

Постановка проблеми. Значна частка на ринку кондитерської продукції припадає саме на борошняні кондитерські вироби. Їх асортимент доволі різноманітний і здатний задовольнити будь-які уподобання споживача. Проте більша частина харчових речовин усіх груп борошняних кондитерських виробів представлена вуглеводами, серед яких значну частку займає цукор. У

зв'язку з цим у світовій практиці перед науковцями і фахівцями галузі постає проблема пошуку альтернативних цукру сировинних джерел природного походження. Пошук економічно вигідних натуральних цукрозамінників є актуальним і для України. Це насамперед пов'язано як зі зростанням кількості хворих з порушеним вуглеводним обміном і збільшенням затребуваності на продукти дієтичного спрямування, так і з необхідністю раціонального використання дорогої сировини та зниження собівартості виробів.

При цьому важливо відзначити, що якість виробів, поряд з параметрами ведення технологічного процесу, насамперед визначається співвідношенням і видом сировинних інгредієнтів. Так, різна рецептурна кількість цукру дає змогу отримувати кондитерське тісто з відмінними структурно-механічними властивостями і, як наслідок, виготовляти різноманітну за текстурою, смаковими властивостями продукцію. При зменшенні або виключенні його із рецептури за рахунок використання іншої сировини, зазвичай, виникають відповідні проблеми із виробництвом борошняних кондитерських виробів на існуючому обладнанні та збереженням їх споживчої привабливості [1—3], що призводить до розповсюдженого використання виробниками поліпшувачів-коректорів неорганічної природи при їх приготуванні та ставить під загрозу безпечність вживання таких виробів. У зв'язку з цим для фахівців галузі актуальною є проблема забезпечення високої якості борошняних виробів при зниженні або виключенні з рецептури цукру на основі рецептурних інгредієнтів лише натурального походження та розробки відповідних технологічних рішень для адаптації їх виробництва на встановленому на підприємствах устаткуванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на наявність значної кількості досліджень і розробок борошняних виробів, здатних задовольнити потреби сучасних споживачів з огляду на збалансованість та адекватність їх складу вимогам новітньої концепції харчування, на ринку все ще спостерігається дефіцит продукції зі зниженим вмістом або без цукру.

Складність заміни цукру при виробництві харчових продуктів, в тому числі борошняних кондитерських виробів, пов'язана з його важливими технологічними функціями. Адже цукор як рецептурний інгредієнт, окрім надання солодкого смаку, значно впливає на перебіг технологічного процесу, формування властивостей напівфабрикатів, структуру і колір готових виробів. Тому при обґрунтуванні доцільності та рекомендацій щодо використання при виготовленні кондитерських виробів цукрозамінників, які відрізняються походженням, складом, солодкістю тощо, необхідно враховувати їх технологічні властивості та особливості груп виробів, для яких вони призначені. Так, у рецептуру борошняних кондитерських виробів запропоновано замість цукру внесення олігомерів (сиропу *Myllose 351* та порошку *Glucodry 314*), поліолів, рослинних цукрозамінників, що надає можливість рекомендувати їх до вживання людям з порушеним вуглеводним обміном і надмірною вагою. Використання сумішей цукрозамінників і коректування технологічних параметрів виробництва дає змогу отримати конкурентоспроможну кондитерську продукцію спеціального призначення [4—7].

Знизити цукроємність різних видів печива запропоновано за рахунок внесення порошку листя стевії. А завдяки його використанню у комплексі з іншою рослинною сировиною — пророслим соєвим, рисовим і банановим борошном, знежиреним соєвим борошном, вирішується проблема покращення харчової цінності та фізіологічних властивостей при забезпечені відповідних органолептичних характеристик виробів [8; 9].

Перспективною цукровмісною сировиною, що знижує калорійність і витрати цукру при виробництві харчових продуктів, є різні крохмальні сиропи (глюкозний і глюкозно-фруктозний сироп, мальтозна патока тощо). Продукти переробки крохмальвмісної сировини серед досить значної кількості замінників цукру, які використовуються в харчовій промисловості за кордоном, завдяки своїм характеристикам і економічній привабливості, стали вагомими складовими елементами світового ринку цукристих речовин і нині широко визнані.

За результатами проведених досліджень встановлено, що використання продуктів гідролізу крохмалю, зокрема крохмальних сиропів, завдяки їх високій солодкості і близького до цукру впливу на текстуру продуктів, дає змогу замінити цукор у кондитерських і хлібобулочних виробках (від 20 до 100%) [10]. Внесення сиропів у рецептури борошняних виробів відбувається на тих же стадіях, що й цукру і патоки, які традиційно використовуються, і не вимагає додаткових технологічних операцій [11].

При розробці борошняних кондитерських виробів зі зниженою цукроємністю ефективних результатів можна досягти, використовуючи інулінвмісну рослинну сировину, а саме: продукти переробки топінамбура [12], до складу яких входять харчові волокна та повільно засвоювані вуглеводи. Численні дослідження показують, що регулярне вживання порошку топінамбура в складі харчових продуктів сприяє стимулюванню мінерального обміну в напрямку збільшення засвоєння кальцію, виборчої стимуляції росту біфідо- і лактобактерій, уповільненню швидкості адсорбції нутрієнтів; позитивно впливає на імунітет і ліпідний обмін, знижуючи таким чином ризик серцево-судинних захворювань та ожиріння [13].

Варто зазначити, що проведений аналіз інформаційних джерел свідчить, що недостатньо уваги приділяється розширенню асортименту борошняних виробів з низькою вологістю — галет зі зниженим вмістом легкозасвоюваних вуглеводів та збагачених дефіцитними нутрієнтами, які є затребуваними продуктами в сучасних економічних і соціально-політичних умовах країни. Проте зменшення або виключення із рецептури галет цукру викликає, зазвичай, труднощі, пов'язані з підвищенням пружних властивостей тіста унаслідок надмірного набухання клейковинних білків, уповільненням процесів бродіння, погіршенням якості випечених виробів. Отже, актуальним залишається пошук натуральної сировини, технологічні властивості якої здатні стабілізувати якість борошняних виробів зі зниженою цукроємністю, та розробка технологічних рекомендацій при її використанні.

Одним із ефективних шляхів вирішення або часткового нівелювання зазначених проблем без додавання коректорів синтетичного походження та забезпечення високої якості продукції є використання борошна зі специфіч-

ними властивостями, зокрема борошна з безамілозної пшениці ваксі (БПВ) [14]. При оцінці сили тіста з цього борошна за структурно-механічними властивостями встановлено, що воно характеризується як більш слабке порівняно з хлібопекарським борошном (ХПБ). Менший прояв пружних властивостей, отриманих з БПВ напівфабрикатів, поряд з характерною для нього високою газоутворювальною здатністю свідчить про переваги використання більш слабого безамілозного борошна для виготовлення борошняних кондитерських виробів на дріжджах без цукру [15]. Для обґрунтування висновків, зроблених за результатами встановлених властивостей напівфабрикатів для галет на основі БПВ, необхідним є визначення показників якості виробів.

Мета дослідження: обґрунтування доцільності використання борошна з ваксі-пшениці для підвищення якості борошняних кондитерських виробів тривалого зберігання, а саме: галет, при виключенні цукру із рецептури та розробка технологічних рішень щодо їх виробництва.

Викладення основних результатів дослідження.

При проведенні досліджень зміни показників якості галет як альтернативну цукру сировину при їх виробництві використовували:

- інулінвмісну рослинну сировину — порошок топінамбура (ПТ);
- цукровмісний крохмальний сироп, а саме: мальтозний сироп (МС).

Для визначення раціональної стадії внесення ПТ і МС при приготуванні галет дослідження проводили при їх додаванні за двома варіантами — в опару (спосіб 1); у рівних частках в опару і тісто (спосіб 2).

Найбільш важливими показниками якості галет, що нормуються стандартом, окрім органолептичних характеристик, є вологість, кислотність, лужність і здатність до намокання.

Дослідження впливу заміни цукру на ПТ або МС на фізико-хімічні показники якості галет показало, що лужність і кислотність у всіх зразках виробів змінювалися незначно і залишалися в передбачених нормативною документацією межах. Вологість галет зі зниженою цукроємністю на основі хлібопекарського пшеничного борошна зменшувалась на 2,2...6,7% порівняно з контролем, при цьому більше у разі заміни цукру на ПТ. Незначне зниження вологості виробів без цукру, на нашу думку, обумовлене, незважаючи на збільшення кількості внесеної при замісі цих зразків тіста води, зменшенням вмісту вільної вологи у напівфабрикатах і галетах у результаті більш повного її зв'язування гідроколоїдами борошна внаслідок виключення цукру з рецептури та внесення з порошком харчовими волокнами.

При розробці кондитерських виробів із дріжджового тіста зі зниженим вмістом цукру (Ц) особливу увагу слід звернути на здатність їх до намокання, адже цей показник непрямо характеризує пористість випеченої продукції, яка, у свою чергу, залежить від швидкості газоутворення у напівфабрикатах.

Встановлено, що заміна цукру на ПТ або МС в рецептурі галет призводить до зменшення їх здатності до намокання (рис. 1). Так, порівняно з контролем, цей показник при використанні ПТ знизився на 15% при 1-му способі його внесення, а при 2-му — на 11%. Заміна ж цукру на МС привела до зменшення здатності до намокання на 27 і 22% відповідно.

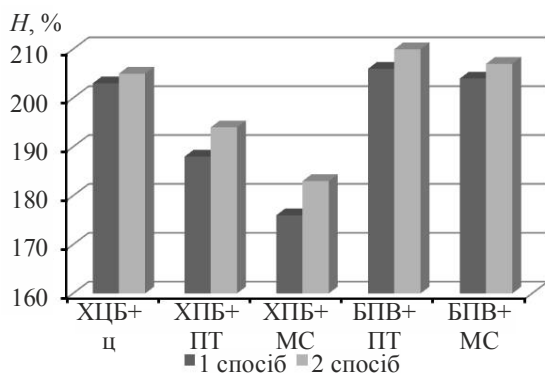


Рис. 1. Здатність до намокання галет

Отримані результати пов'язані з тим, що цукор як рецептурний компонент значно впливає не тільки на смакові властивості, але й на інтенсивність перебігу біохімічних, мікробіологічних і колоїдних процесів у борошняних напівфабрикатах. Зменшення здатності до намокання галет при виключенні цукру з рецептури за рахунок внесення МС, імовірно, відбувається внаслідок зниження об'єму вуглекислого газу, що виділяється при бродінні напівфабрикатів [11; 15]. Більш низька здатність до намокання виробів із заміною цукру на ПТ, незважаючи на достатньо високе газоутворення в напівфабрикатах зразків, можливо, обумовлена підвищенням міцності тіста у результаті внесення з порошком харчових волокон [16; 17]. Адже їх наявність з характерною для них розгалуженою структурою супроводжується ущільненням тістових заготовок, що в подальшому ускладнює їх розпушення при прогріванні під час випікання.

Дослідження зміни пористості, структури галет зі зниженою цукроємністю оцінювали також за їх густиною і твердістю (рис. 2, 3). Ці показники стандартом не нормуються, але добре корелюють з консистенцією і текстурою виробів, відчуттями людини при їх споживанні, тобто органолептичною оцінкою. Використання замість цукру ПТ або МС у рецептурі галет призводить до підвищення густини і твердості виробів, що узгоджується з отриманими результатами визначення зміни їх здатності до намокання.

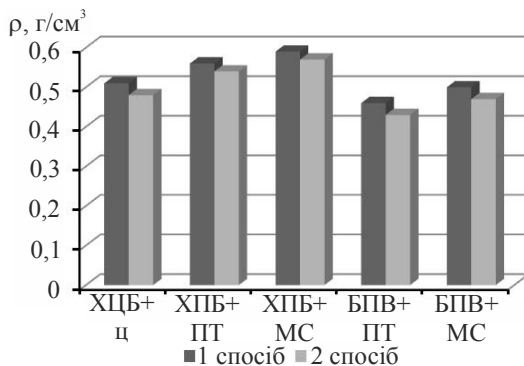


Рис. 2. Залежність густини галет при заміні цукру від виду пшеничного борошна

Так, при заміні цукру на ПТ, незважаючи на встановлену попередніми дослідженнями інтенсифікацію виділення вуглекислого газу в процесі бродіння напівфабрикатів [17], твердість галет порівняно з контролем збільшилась на 43% при внесенні інулінвмісної сировини на стадії замісу опари (1-й спосіб) і на 20% при постадійному додаванні порошку (2-й спосіб). Така тенденція обумовлена ущільненням структури готових виробів за рахунок гідрофільних і загущувальних властивостей харчових волокон, що містяться в порошку топінамбура.

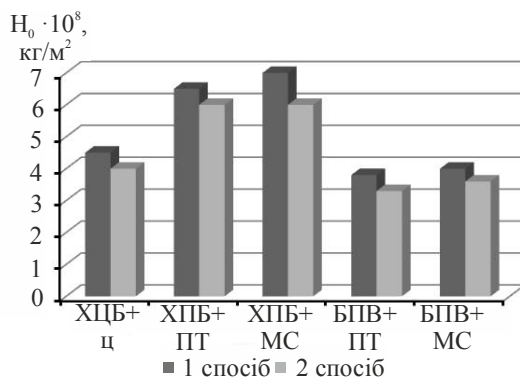


Рис. 3. Твердість галет

Заміна ж цукру на МС привела до підвищення твердості виробів в 1,5 раза незалежно від варіанта його внесення, що, ймовірно, пов'язано з недостатнім газоутворенням на стадії дозрівання опари і тіста для галет без цукру, внаслідок чого структура отриманих виробів менш розпушена.

Порівняльний аналіз впливу різних варіантів внесення використовуваної замість цукру сировини на фізико-хімічні показники та структурні властивості галет показав, що кращою якістю відрізняються зразки, приготовлені при внесенні ПТ або МС в рівних частинах в опару і тісто (2-й спосіб). Отримані залежності, очевидно, пояснюються пришвидшенням підвищення кислотності та більшою кількістю утвореного при бродінні вуглекислого газу під час відлежування-вистоювання зразків тіста [18]. Це сприяє розслабленню і розпушенню його структури у більшій мірі, та, як наслідок, отриманню галет з краще розвинутою структурою пористості, про що свідчить більш висока здатність до намокання і менша густина й твердість зразків галет. У разі ж внесення всієї кількості досліджуваної сировини на першій стадії тістоприготування в опару (1-й спосіб), більша частина продуктів інверсії вуглеводів зброджуються дріжджами вже в опарі, що призводить до зниження інтенсивності газоутворення у тісті й обмеженого розвитку пористості виробів при випіканні.

Результати досліджень показників якості галет із заміною цукру на ПТ або МС при використанні для їх приготування БПВ показали, що вироби на її основі характеризувались більш низькою густиною і твердістю, вищою здатністю до намокання (див. рис. 1—3) як порівняно з контролем, так і з галетами без цукру на основі ХПБ.

Формування якісних характеристик борошняних виробів з дріжджового тіста відбувається під час випікання в результаті ряду теплофізичних, колоїдних, біохімічних і мікробіологічних процесів. Отже, покращення пористої й отримання добре розпушеної структури готових виробів без цукру на основі БПВ обумовлено термічним розширенням газоподібних продуктів, які утворилися в більшій кількості внаслідок інтенсифікації спиртового бродіння протягом усіх етапів дозрівання напівфабрикатів для галет.

Також підвищення здатності до намокання, зменшення густини зразків галет може бути пов'язано з тим, що заміна хлібопекарського борошна на більш слабке за якістю БПВ супроводжується зменшенням пружності та міцнісних властивостей тіста для галет без цукру [16], яке чинить менший опір газоподібним речовинам, що розширюються під час випікання, і легше розпушується, що, у свою чергу, також сприяє поліпшенню пористості виробів.

При використанні безамілозного пшеничного борошна для виробництва галет зі зниженою цукроємністю спостерігається зниження їх твердості порівняно із зразками з ХПМ на 13...18% при 1-му і 2-му способі внесення ПТ і на 4...9% при заміні цукру на МС відповідно. Зменшення твердості галет без цукру на основі безамілозного борошна, вочевидь, пояснюється, окрім підвищення їх пористості, зменшенням вмістом клейковиноутворюючих білкових фракцій у складі БПВ [18], що призводить до утворення менш зв'язаної, міцної структури тіста, а згодом і виробів.

Отже, використання БПВ при приготуванні галет, навіть у разі виключення з рецептури цукру, призводить до покращення фізико-хімічних показників якості, які характеризують пористість і структуру готових виробів.

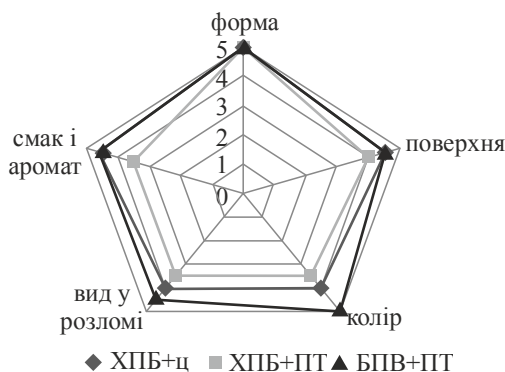
Визначення вологості виробів без цукру показало, що їх приготування на основі БПВ супроводжується підвищенням вологості галет, але не перевищує регламентованих меж. Так, вологість контрольного зразка становить 9%, а при заміні ХПБ на безамілозне борошно цей показник збільшився на 0,3% і 0,6% для галет з ПТ і МС відповідно. Отримані результати, на наш погляд, обумовлені розгалуженою структурою амілопектину, утворенням більшої кількості декстринів унаслідок більш низької температури клейстеризації крохмалю ваксі з характерними для них водозв'язувальними властивостями, що сприяє зменшенню втрати вологи при випіканні виробів.

Значення кислотності галет без цукру з БПВ також знаходились у межах вимог стандарту, що забезпечувалось рекомендованим скороченням тривалості відлежування-бродіння тіста на основі безамілозного борошна завдяки інтенсифікації його дозрівання та зниженню пружних властивостей на 30...60 хв залежно від варіанта внесення ПТ або МС.

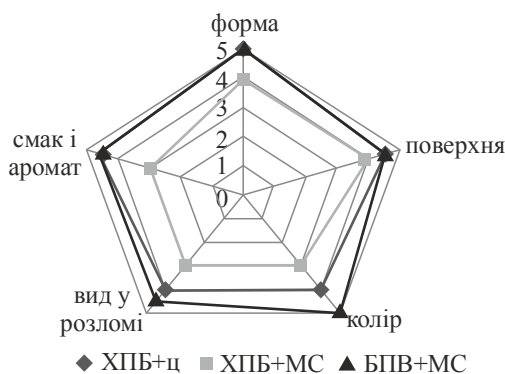
Необхідно відзначити, що одним із найбільших ризиків при розробці нових видів виробів є погіршення традиційних органолептичних властивостей, яке стає критичною контрольною точкою при їх виробництві. Через це особливу увагу слід приділити змінам характеристик при використанні ПТ і МС в технології галет зі зниженою цукроємністю.

З огляду на те, що кращими фізико-хімічними показниками характеризувалися галети без цукру, приготовлені з постадійним внесенням ПТ або МС

(згідно з 2-м способом), то органолептична оцінка наводиться тільки для цих виробів. Представлені профілограми галет зі зниженою цукроємністю на основі різних видів пшеничного борошна свідчать (рис. 4), що виключення цукру з рецептури виробів на основі ХПБ призводить до погіршення їх якості. Галети при заміні цукру досліджуваною альтернативною сировиною порівняно з контролем мали нерівну поверхню, ненасичений колір, недостатньо розвинену структуру, невизначений смак і аромат, форма деяких виробів була деформована.



а)



б)

Рис. 4. Профілограми галет

Заміна ж хлібопекарського пшеничного борошна на безамілозне в технології галет зі зниженою цукроємністю дає змогу стабілізувати їх якість: вироби характеризуються правильною формою, більш приємним, насиченим кольором, добре розпушеною структурою і яскраво вираженим ароматом.

Завдяки використанню у галетах замість цукру порошку топінамбура, для полісахаридів якого характерні пребіотичні властивості, забезпечується підвищення фізіологічної, харчової цінності виробів — знижується вміст легкозасвоюваних вуглеводів при одночасному збільшенні в 1,9 раза харчових волокон, а також вітамінів і мінеральних речовин.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що заміна цукру на ПТ і МС при приготуванні галет на основі хлібопекарської пшеничного борошна призводить до погіршення якості виробів — знижується їх здатність до намокання, підвищується твердість, вироби характеризуються щільною структурою, зниженими органолептичними характеристиками. Використання ж борошна з пшениці ваксі, як більш слабкого за силою з характерною для нього високою газоутворювальною здатністю, дає змогу нівелювати негативний ефект виключення з рецептури цукру й отримати вироби з поліпшеними споживчими властивостями — приємного насиченого кольору, з високою здатністю до намокання і меншою густиною, що свідчить про добре розпушену структуру і розвинену пористість галет. Порівняльна оцінка способу внесення цукрозаміщуючих інгредієнтів показала, що кращими фізико-хімічними й органолептичними показниками характеризуються вироби, при приготуванні яких ПТ/МС вносили поетапно — в рівних частках в опару і тісто (2-й спосіб).

Отже, сумісне використання при приготуванні галет ПТ/МС та борошна з ваксі-пшениці дозволить розширити асортимент борошняних кондитерських виробів тривалого зберігання зі зниженою цукроємністю, енергетичною цінністю, раціонально використовувати цукристу сировину та знизити собівартість продукції при забезпеченні її високої якості.

Література

1. Manley D. Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, 2011. 632 p.
2. Struck S., Jaros D., Brennan C. S., Rohm H. Sugar replacement in sweetened bakery goods. *International journal of Food Science and Technology*. 2014. V. 49(9). P. 1963–1976. doi: 10.1111/ijfs.12617.
3. Carniel Beltrami M., Doring T., De Dea Lindner J. Sweeteners and sweet taste enhancers in the food industry. *Food Science and Technology*. 2018. No. 38(2). P. 181–187. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/fst.31117>.
4. Kweon M., Slade L., Levine H. Potential sugar reduction in cookies formulated with sucrose alternatives. AACCI Annual Meeting. Minneapolis, 2015. P. 1–5.
5. Дорохович В.В., Абрамова А.Г. Розроблення бісквітів дієтичного призначення на основі цукрозамінників нового покоління. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. Т. 23. № 3. С. 217–228.
6. Mariotti M., Lucisano M. Bakery Products. Science and Technology. Sugar and Sweeteners. John Wiley & Sons, Ltd. 2014. P. 776. doi: 10.1002/9781118792001
7. Sman R.G.M., Renzetti S. Understanding functionality of sucrose in biscuits for reformulation purposes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018. P. 1–15. doi: 10.1080/10408398.2018.1442315.
8. Kulthe A., Pawar V.D., Kotecha P.M. Development of high protein and low calorie cookies. *J Food Sci Technol*. 2011. Vol 51(1). P. 1–5. doi: 10.1007/s13197-011-0465-2.
9. Inyang U.E., Effiong C.F., Edima-Nyah A.P. Physical Properties, Nutritional Composition and Sensory Evaluation of Cookies Prepared from Rice, Unripe Banana and Sprouted Soybean Flour Blends // *International Journal of Food Science and Biotechnology*. 2018. Vol. 3(2). P. 70–76. doi: 10.11648/j.ijfsb.20180302.15.
10. Zargaraan A., Kamaliroosta A., Yaghoubi A.S., Mirmoghtadaie L. Effect of Substitution of Sugar by High Fructose Corn Syrup on the Physicochemical Properties of Bakery and Dairy Products: A Review // *Nutrition and Food Sciences Research*. Vol. 3, No. 4. P. 1–11.

11. Дробот В.І., Білик О.А., Савчук Н.І., Бондаренко Ю.В. Харчові добавки та цукристи речовини в технології хлібобулочних виробів: монографія. НУХТ. Київ, 2017. 253 с.
12. Davis C. Inulin: Chemical Properties, Uses & Health Benefits. Nova Science Publishers Inc, 2017. P. 120.
13. Stanley J.K., Nottingham S.F. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke: *Helianthus tuberosus* L.. CRC Press, 2007. P. 496 p.
14. Рибалка О.І. Якість пшениці та її поліпшення. Логос. Київ, 2011. С. 495.
15. Хвостенко К.В. Розробка галет зі зниженою цукроємністю // SWEETS&BAKERY Ukraine: матеріали тез доп. наук.-техн. конф., Київ, 2—4 жовтня 2012 р. Київ, НУХТ, 2012. С. 36.
16. Iorgachova K., Makarova O., Khvostenko K. The study of technological properties of waxy wheat flour and its influence on refined sugar-free hardtack's dough. EUREKA: Life Sciences. 2018. Issue 5. P. 54—62. doi: <http://dx.doi.org/10.21303/2504-5695.2018.00721>.
17. Iorgachova K., Makarova O., Fateeva A., Khvostenko K. Intensification of fermentation of semi-finished products of hardtracks with lowered sugar content . Technics, technologies and education: матеріали тез доп. Міжнар. конф., Yambol, 19—20 October 2017. Yambol of Trakia University, 2017. P. 363—367.
18. Yu X. R., Zhou L., Zhang J. Comparison of structural development and biochemical accumulation of waxy and non-waxy wheat caryopses. Cereal Research Communications. 2015. Vol. 43. P. 307—317. doi: <https://doi.org/10.1556/CRC.2014.0038>.

APPLICATION OF MOLECULAR ABSORPTION AND EMISSION SPECTROMETRY FOR DETERMINATION OF FALSIFICATION OF PASTERISED MILK

V. Ischenko, O. Kochubei-Lytvynenko, N. Kvitkovskaya

National University of Food Technologies

A. Yakiminskaya, M. Ischenko

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Key words:

Milk

Fluorescence

Molecular absorption spectroscopy

Article history:

Received 12.09.2018

Received in revised form 03.09.2018

Accepted 18.10.2018

Corresponding author:

V. Ischenko

E-mail:

ischenko_vn@ukr.net

ABSTRACT

The article analyzes the problem of falsification of food products and, in particular, milk. An overview of the main types of falsification of milk and the causes that lead to it are reviewed. It is noted that now falsification of milk with its reconstituted analog, obtained from dry mixtures, is becoming widespread. An overview of recent scientific publications has shown that the method of molecular absorption and emission spectrometry (molecular fluorescence) along with NIR-spectroscopy is becoming popular as a screening method for fast identification of falsification of dairy products. The authors note that technique of molecular fluorescence spectroscopy makes it possible to detect conformational changes in proteins occurring under different conditions of production and storage of dairy products and indirectly determine the degree of heat treatment. Also analysis by molecular fluorescence technique does not require complex sample preparation and is characterized by high sensitivity.

The fluorescence spectra of milk samples exposed to different pasteurization types by laboratory methods, also commercial milk samples and some dairy product samples obtained from dry milk and whey were studied. The fluorescence spectra of the samples were recorded at different wavelengths characteristic for tryptophan, products of Maillard reaction, nicotinamideadeninedinucleotide and riboflavin. The spectra show the fluorescence depends on the degree of protein denaturation, that correlates with pasteurization type used for milk treatment. The best results were obtained from analyzing the fluorescence spectra of tryptophan and Maillard reaction products, as well as absorption spectra in the range of 200–250 nm. The use of first and second derivatives of absorption spectra of these fluorophores makes it possible to identify additional weakly visible maxima, those can be used to detect a product made from dried milk.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-29

ЗАСТОСУВАННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ АБСОРБЦІЙНОЇ ТА ЕМІСІЙНОЇ СПЕКТРОМЕТРІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФАЛЬСИФІКАЦІЇ ПАСТЕРИЗОВАНОГО МОЛОКА

В.М. Іщенко, О.В. Кочубей-Литвиненко, Н.П. Квітковська

Національний університет харчових технологій

А.Г. Якімінська, М.В. Іщенко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У статті проаналізована проблема фальсифікації харчових продуктів, зокрема молока. Проведено огляд основних видів фальсифікації молока та причин, які призводять до неї. Зазначено, що нині набуває поширення підміна молока його відновленим аналогом, тобто «молоком», одержаним із сухих сумішей. Огляд останніх наукових публікацій показав, що наразі все більшої популярності для виявлення фальсифікації молочної продукції набуває метод молекулярної абсорбційної та емісійної спектроскопії (флуоресценція) як скринінговий метод. Автори відмічають, що саме метод флуоресценції надає можливість детектувати конформаційні зміни білків, що відбуваються в різних умовах виробництва і зберігання молочної продукції, опосередковано визначати ступінь термообробки, не потребує складної пробопідготовки і характеризується високою чутливістю.

З метою виявлення фальсифікації молока його відновленим аналогом досліджені спектри флуоресценції лабораторно-пастеризованих, комерційних зразків молока різної пастеризації та молочного продукту, одержаного із сухого молока та молочної сироватки при різних довжинах хвиль, характерних для триптофану, продуктів реакції Майяра, никотинамідаденіндинуклеотиду та рибофлавіну. Зі спектрів помічена залежність флуоресценції від ступеня денатурації білків, що корелює з видом пастеризації молока. Найкраще класифікація зразків спостерігається в спектрах флуоресценції триптофану та продуктів реакції Майяра, а також у спектрах поглинання в діапазоні 200—250 нм. Перша та друга похідна спектрів поглинання цих флуорофорів дає змогу виокремити додаткові мало видимі максимуми, що може бути використано для виявлення продукту, виготовленого із сухого молока.

Ключові слова: *молоко, флуоресценція, молекулярно-абсорбційна спектроскопія.*

Постановка проблеми. Сучасні економічні і політичні умови євроінтеграції України вимагають суттєвих змін у системі контролю та ідентифікації харчової продукції, оскільки головна вимога сучасного європейського підходу — забезпечення безпеки харчових продуктів з метою захисту життя і здоров'я громадян, а також запобігання діям, що вводять в оману споживачів. Тому виявлення можливої фальсифікації молока і молочних продуктів є важливим питанням для виробників, товаровзнавців, науковців та споживачів, які мають бути впевнені, що продукти, які вони придбали, безпечні. Причин

появи фальсифікації молока дві: одна пов'язана із сировиною (дефіцит молока в осінньо-зимовий період), друга — економічна: через низьку купівельну спроможність населення краще продається дешевий продукт.

Найчастіше фальсифікація молока здійснюється додаванням консервантів, розведення молока водою з подальшим додаванням речовин з високим вмістом нітрогену для компенсації рівня вмісту білка, заміна молочного жиру жиром рослинного походження, підміна одного виду молока іншим, наприклад, більш дорогого козиного молока на коров'яче, підміна незбираного молока нормалізованим або навіть знежиреним, додаванням в деякі молочні продукти сироватки тощо [1]. Наразі серед українських виробників молочної продукції набуває поширення підміна молока його відновленим аналогом, тобто «молоком», одержаним із сухих сумішей, які, у свою чергу, можуть бути сфальсифіковані додаванням сироватки.

У лабораторіях контролю якості молочної продукції використовують так звані цільові аналітичні методи контролю. Проте ці методи в більшості випадків дають змогу визначати склад молока, але не всі види його можливої фальсифікації. Тому світова аналітична практика оцінки якості харчової продукції зосереджена на тому, щоб доповнити цільові аналітичні методи контролю нецільовими методами [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині все більшої популярності для виявлення фальсифікації молочної продукції набуває метод молекулярної абсорбційної та емісійної спектроскопії як скринінговий метод. Застосування молекулярної абсорбційної спектроскопії для визначення ступеня термічної обробки молока та фальсифікації ультрапастеризованого молока сироваткою описано в [3; 4]. Емісійна молекулярна спектроскопія (флуоресцентна спектроскопія) більш чутлива, ніж абсорбційна спектроскопія. Спектри флуоресценції більш селективні, ніж спектри інших спектроскопічних методів, в тому числі і спектри поглинання, оскільки флуоресцентні сполуки дуже чутливі до оточення (матриці). Також емісійна спектроскопія має переваги при перевірці якості продукції в режимі on-line, оскільки можна експресно і без руйнування виміряти сполуки, які утворюють при певних технологічних умовах [5; 6].

Основні процеси, що відбуваються при одержанні сухого молочного порошку: денатурація білка, рання і подальша реакція Майяра (накопичені продукти цієї реакції), ізомеризація лактози, часткове руйнування деяких вітамінів та інактивація більшості ферментів, зменшення вмісту йонного Кальцію. Для визначення м'якої термічної обробки молока (пастеризація) найчастіше застосовують визначення флуоресценції β -лактоглобуліна. Специфічні маркери, такі як лактулоза, фурозин та гідроксиметилфурфурол, застосовують для виявлення більш інтенсивної термообробки. На основі цього розроблені деякі флуоресцентні методи оцінки інтенсивності термічної обробки молока, такі як FAST-індекс [7], що являє собою співвідношення флуоресценції в молочній фракції при рН 4,6 накопичених продуктів Майяра до розчинного триптофану, який є показником руйнування білків. У [8] було встановлено, що власні флуорофори лужної фосфатази, тобто коферменти нікотинамід-аденіндинуклеотид (NAD) і флавінаденіндинуклеотид (FAD), можуть бути використані для визначення ступеня термічної обробки молока. Проте, щоб

однозначно встановити ступінь термічної обробки молока і, відповідно, можливу підміну або додавання до молока відновленого продукту, потрібно як мінімум чотири маркери. Таке дослідження здійснили в [9], де були визначені показники термічної обробки: фуросин, лактулоза, альфа-лактальбумін, бета-лактальбумін, відсоток денатурованого лактоальбуміну, FAST-індекс, флуоресценція триптофану, β -лактоглобулін та лактопероксидаза.

Більш детально розглянули й оцінили процеси та зміни в молоці за різних температур і часу нагріву в [10] за допомогою фронтальної флуоресцентної спектроскопії. Метод зручний тим, що перед початком реального вимірювання не потрібно проводити попередню підготовку зразків. Результати можна отримати за відносно короткий проміжок часу порівняно зі звичайними методами.

Отже, флуоресценція дає можливість детектувати конформаційні зміни білків, що відбуваються в різних умовах виробництва і зберігання молочної продукції, опосередковано визначати ступінь термообробки, не потребує складної пробопідготовки і характеризується високою чутливістю.

Мета статті: оцінка можливості використання методів молекулярної абсорбційної та емісійної спектроскопії для виявлення фальсифікації молока, зокрема виявлення молочного продукту, виготовленого із сухих сумішей. Як можливі маркери були вибрані такі флуорофори, як триптофан, продукти реакції Майяра, рибофлавін і нікотинамідаденіндинуклеотид (далі — НАДХ).

Викладення основних результатів дослідження. У дослідженні використовували ацетатний буферний розчин з рН = 4,5—4, розчини триптофану з концентрацією 1,0 мг/л та рибофлавіну з концентрацією 2,0 мг/л, які були виготовлені із реактивів класифікації «ч.д.а.». Записи спектрів поглинання в УФ та видимому діапазоні здійснювали на спектрометрі UV2401 PC (Shimadzu Corp, Японія), спектрів флуоресценції — на флуоресцентному спектрометрі LS-55 (Perkin-Elmer, США). Вимірювання проводилось на рН-метрі рН-150МИ (Білорусь).

Для встановлення основних спектральних змін, що спостерігаються при пастеризації, проводилась лабораторна пастеризація натурального незбираного молока за різних температур і часу нагріву за допомогою магнітної мішалки з нагрівом. Пастеризацію здійснювали при 75°C на водяній бані. Під час термічної обробки відбирали аліквоти молока через різні проміжки часу.

Підготовка зразків для запису спектрів здійснювалась таким чином: до аліквоти об'ємом 1,0 мл додавали 9,0 мл ацетатного буферного розчину з рН 4,5—4,6 для осадження казеїну. Після додавання буферу зразки витримували 30 хв для повного осадження казеїну і центрифугували. Для кращого очищення від залишкових домішок і плівки жиру, що заважали спектрофотометричному визначенню розсіюванням світла, застосовувалось фільтрування за допомогою целюлозних мембранних фільтрів 0,45 мкм. Для запису спектрів флуоресценції зразки ще додатково розбавлялись у 10 разів, спектри поглинання реєструвались без додаткового розбавлення.

Умови запису спектрів флуоресценції та збудження різних флуорофорів у молоці з включеним коректором і вимкненою поляризацією на флуорометрі Perkin-Elmer LS-55 наведені в табл. 1. Подальша обробка спектрів здійснювалась з урахуванням фонового випромінювання ацетатного буфера.

Таблиця 1. Умови запису спектрів флуоресценції та збудження

Флуорофор	Довжина хвилі		Діапазон вимірювання	
	збуджуючого світла λ_{ex} , нм	випромінюваного світла λ_{em} , нм	люмінесценції, нм	збудження, нм
Триптофан	290	340	310—420	520—320
Продукти реакції Майяра	330	420	350—500	290—400
НАДХ	360	520	380—600	290—500
Рибофлавін	450	550	470—600	250—520

Примітка: швидкість сканування: 600 нм/хв., щілина вхідного монохроматора, d_1 : 10,0 нм, щілина вихідного монохроматора, d_2 : 7,5 нм.

Спектри поглинання зразків молока реєструвались при спектральній щільності 1 нм з кроком сканування 1 нм в діапазоні 200—500 нм. Як розчин порівняння використовували ацетатний буфер.

Літературні дані про основні спектральні характеристики флуорофорів, зокрема ділянки збудження та випромінювання флуоресценції, квантовий вихід (Q , %), наведено в табл. 2. Виходячи із значень квантових виходів речовин, очевидним є той факт, що рибофлавін має найкращі люмінесцентні властивості, проте в молоці він знаходиться в надзвичайно низьких кількостях, тож з флуорофорів найбільший інтерес представляє триптофан, який входить до складу білків сироватки, зокрема β -лактоглобуліну.

Нормовані спектри поглинання (abs), збудження (ex) та флуоресценції (em) вибраних флуорофорів представлені на рис. 1—2.

Таблиця 2. Основні спектральні характеристики флуорофорів молока [11; 12]

	λ_{max}^{ex} , нм	λ_{max}^{em} , нм	Q , %
Триптофан	276	355	12
Продукти реакції Майяра	330	420	низький
NADH	338	465	1,9
Рибофлавін	444, 372, 268	528	30

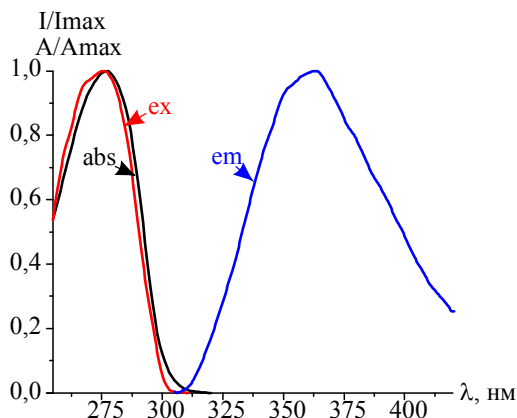


Рис. 1. Нормовані спектри поглинання, збудження та флуоресценції стандартного розчину триптофану (рН 4,50±0,05)

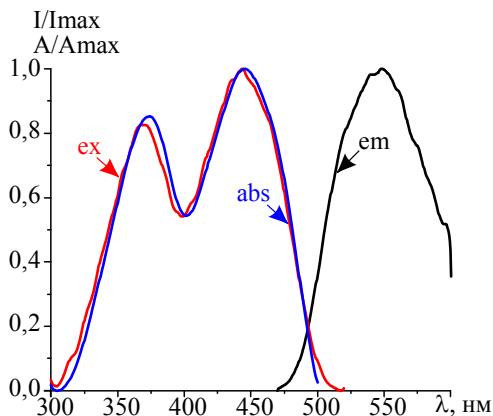


Рис. 2. Нормовані спектри поглинання, збудження та флуоресценції стандартного розчину рибофлавіну (рН 4,50±0,5)

Для перевірки можливості застосування молекулярної абсорбційної спектроскопії та флуоресценції вищезазначених флуорофорів як маркерів на молоко, яке виготовлене із сухого продукту, нами було проаналізовано партію зразків, що включала 3 зразки натурального незбираного молока, яке не проходило термообробку, 8 комерційних зразків пастеризованого молока, серед яких був один зразок ультрапастеризованого, 8 зразків виготовлених із сухого молока (так зване відновлене молоко) та 2 зразки відновленої молочної сироватки. Зразки сухого та пастеризованого молока були придбані в місцевих супермаркетах, зразки натурального молока були отримані від надійних постачальників. Для приготування відновленого молока дотримувалися рецепту на упаковці: сухе незбиране (12,5 г на 100 г розчину), сухе знежирене (9 г на 100 г розчину). Аналогічно була приготована відновлена сироватка (6 г на 100 г розчину). При цьому зразки готувалися на звичайній дистильованій воді та на пом'якшеній, після чого відновлене молоко було повторно пастеризоване в лабораторних умовах до 80°C.

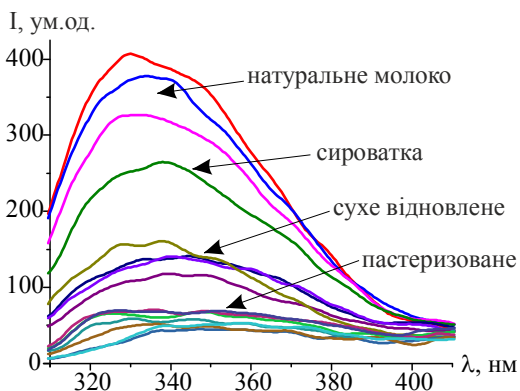


Рис. 3. Спектри флуоресценції триптофану при $\lambda_{ex} = 290$ нм комерційних зразків молока

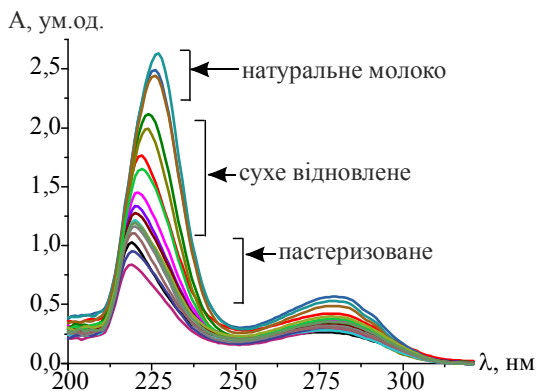


Рис. 4. Спектри поглинання комерційних зразків молока

Було зареєстровано спектри флуоресценції комерційних зразків молока різної пастеризації при різних довжинах хвиль відповідним досліджуваним флуорофорам. Усі спектри флуоресценції молочних продуктів були згладжені за методом *Adjacent-Averaging* для кращої інформативності аналітичного сигналу та усунення шуму. Встановлено, що найбільш помітні зміни відбуваються у спектрах флуоресценції триптофану. Для інших флуорофорів помітної різниці у спектрах флуоресценції залежно від ступеня пастеризації й термічної обробки не спостерігається. На рис. 3 наведено спектри флуоресценції досліджених зразків молока. Спектри поглинання аналізованих проб молока наведені на рис. 4.

Зі спектрів флуоресценції триптофану була помічена залежність флуоресценції від ступеня денатурації білків у сироватці, що корелює з видом пастеризації молока.

За спектрами можна відносно класифікувати молоко за типом термообробки. Натуральне молоко найбільше поглинає в діапазоні 200—350 нм. Перша та друга похідна спектрів поглинання (рис. 5) молока дає змогу виокремити додаткові маловидимі максимуми, що може бути використано для кращої ідентифікації молочних зразків, і, відповідно, для виявлення асортиментної фальсифікації.

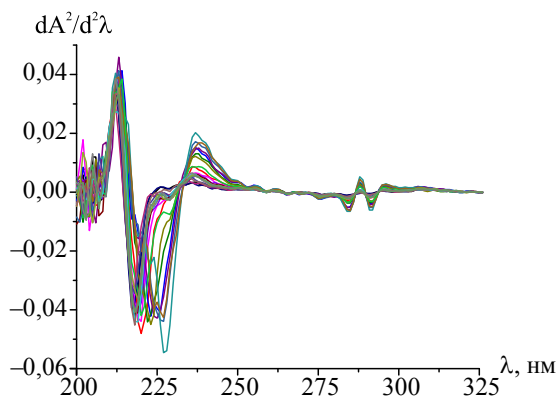


Рис. 5. Друга похідна спектрів поглинання комерційних зразків молока

Висновки

Найкраще класифікація зразків молока спостерігається в спектрах флуоресценції триптофану та продуктів реакції Майяра, а також у спектрах поглинання в діапазоні 200—250 нм. Перша та друга похідна спектрів поглинання цих флуорофорів дає змогу виокремити додаткові маловидимі максимуми, що може бути використано для виявлення продукту, виготовленого із сухого молока.

Література

1. Коваленко Д.Н. Фальсификация молока и молочных продуктов. *Переработка молока*. 2011. № 3. С. 8—11.
2. Detection of adulteration in milk: A review / Amrita Poonia, Alok Jha, Rjan Sharma, Harikesh Bahadur Singh, Ashwini Kumar Ra, Nitya Sharma. *International Journal of Dairy Technology*. 2016. V. 69. P. 1—20.
3. Lactulose determination in UHT milk by CZE-UV with indirect detection / Leandra Natálide Oliveira Neves, Rafael Marques, Paulo Henrique Fonseca da Silva, Marcone Augusto Lealde Oliveira. *Food Chemistry*. 2018. V. 258. P. 337—342.
4. Determination of whey protein to total protein ratio in UHT milk using fourth derivative spectroscopy / Beatriz Miralles, Begona Bartolome H, Mercedes Ramos et. al. *International Dairy Journal*. 2000. V.10. P.191—197.
5. The FAST method, a rapid approach of the nutritional quality of heat-treated foods/ I. Birlouez-Aragon, J. Leclere, C. Quedraogo, et. al. *Mol.Nutr.Food Res*. 2001. V. 45. P. 201—205.
6. Schamberger G., Labuza T.Evaluation of front-face fluorescence for assessing thermal processing of milk. *J. Food Sci*. 2006. V. 71. P. 69—74.
7. Birlouez-Aragon I., Sabat P., Gouti N.A new method for discriminating milk heat treatment. *International Dairy Journal*. 2002. V. 12. P. 59—67.
8. Kulmyrzaev A., Levieux D., Dufour E. Front-face fluorescence spectroscopy allows the characterization of mild heat treatments applied to milk. Relations with the denaturation of milk proteins. *J. Agric. Food Chem*. 2005. V. 53. P. 502—507.
9. Evaluation of tracers for the authentication of thermal treatments of milks / M. Feinberga, D. Dupont, T. Efstathiou, et. al. *Food Chemistry*. 2006. V. 98. P. 188—194.
10. Kulmyrzaev A., Levieux D., Dufour E. Front-Face Fluorescence Spectroscopy Allows the Characterization of Mild Heat Treatments Applied to Milk. Relations with the Denaturation of Milk Proteins. *J. Agric. Food Chem*. 2005. V. 53. P. 502—507.
11. Database of Fluorescent Dyes, Properties and Applications, Fluorophores. URL: <http://www.fluorophores.tugraz.at/substance/> Fluorescent Substances (Перевірено 03.05.2018).
12. Food Fluorescence Library. URL: <http://models.life.ku.dk/foodfluor>. FOODFLUOR.

INFLUENCE OF THE PREVIOUS ENZYMATIC TREATMENT OF SEEDS ON THE COMPOSITION OF PRESS PUMPKIN OIL

T. Nosenko, G. Vovk, T. Koroluk
National University of Food Technologies

O. Golubec
State Enterprise "Ukrmetrteststandard"

Key words:

Pumpkin oil
Enzymes
Fatty acids
Sterols
Tocopherols
Non-saponificated substances

Article history:

Received 06.09.2018
Received in revised form
28.09.2018
Accepted 22.10.2018

Corresponding author:

T. Nosenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The aim of this work was to investigate the effect of pre-treatment of seeds with enzymatic preparations with protease and cellulase activity on the parameters of pumpkin oil composition.

Pre-treatment of pumpkin seeds with enzyme preparations was carried out for 2 h at a temperature of 48—54°C with a ratio of protease and cellulase activity as 7:3. Fatty acid composition of the oils was investigated using gas-liquid chromatography. Determination of the isomeric composition of tocopherols was carried out by high-performance liquid chromatography using a reverse phase column. The composition of the sterol fraction was determined after thin-layer separation of the non-saponificated lipids fraction by gas chromatography with a flame-ionization detector.

The obtained results indicate that there are no reliable differences in the composition of fatty acids and phytosterols between the control oil and oil obtained from the seeds after treatment with hydrolytic enzymes. In the oil obtained from the seeds after enzymatic treatment, the total content of tocopherols was 68% higher than that of the control. The most significant difference was observed in the content of δ -tocopherol, its content in the oil after enzymatic treatment was several times higher compared to the control oil sample. The mass fraction of α -tocopherol in the oil sample after enzymatic treatment was close to the optimal concentration for the antioxidant activity of this homologue. The mass concentration of squalene was about 10% lower in oil extracted from seeds treated with hydrolytic enzymes.

Thus the pretreatment of pumpkin seeds with enzymatic preparations with protease and cellulase activity does not affect the fatty acid and sterol composition of pressed pumpkin oil. Simultaneously, in the oil after enzymatic treatment, the content of tocopherols increased significantly, which positively affects the antioxidant properties of the oil, increasing its oxidation stability, which can extend the shelf life of the oil.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-30

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ФЕРМЕНТАТИВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ НА СКЛАД ПРЕСОВОЇ ГАРБУЗОВОЇ ОЛІЇ

Т.Т. Носенко, Г.О. Вовк, Т.А. Королюк

Національний університет харчових технологій

О.В. Голубець

Державне підприємство «Укрметртестстандарт»

У статті досліджено вплив попередньої обробки насіння ферментними препаратами із протеазною та целюлазною активністю на показники складу гарбузової олії.

Попередню обробку гарбузового насіння ферментними препаратами проводили протягом 2 год за температури 48–54°C при співвідношенні протеазної та целюлазної активності як 7:3. Жирнокислотний склад олій досліджували за допомогою газово-рідинної хроматографії. Визначення ізомерного складу токоферолів здійснювали методом вискоєфективної рідинної хроматографії з використанням колонки з оберненою фазою. Склад стеролової фракції визначали після тонкошарового розділення неомілюваної фракції ліпідів газохроматографічним методом із полум'яно-іонізаційним детектором.

Одержані результати свідчать про відсутність достовірних відмінностей складу жирних кислот і груп фітостеролів між контрольним зразком олії та олією, одержаною із насіння після його обробки гідролітичними ферментами. В олії, одержаній із насіння після ферментативної обробки, масова частка токоферолів була на 68% вищою, ніж у контролі. Найбільш суттєва різниця спостерігалась за вмістом δ -токоферолу, його вміст в олії після ферментативної обробки був у кілька разів вищим порівняно із контрольним зразком олії. Масова частка α -токоферолу в експериментальному зразку олії була близькою до оптимальної концентрації для антиоксидантної активності даного гомологу. Масова концентрація сквалену була приблизно на 10% нижчою в олії, вилученій із насіння, обробленого гідролітичними ферментами.

Доведено, що попередня обробка гарбузового насіння ферментативними препаратами із протеазною та целюлазною активністю не впливає на жирнокислотний і стероловий склад пресової гарбузової олії. Одночасно в олії після ферментативної обробки суттєво зріс вміст токоферолів, що позитивно впливає на антиоксидантні властивості олії, підвищуючи її стійкість до окиснення, що може подовжити термін придатності олії до споживання.

Ключові слова: гарбузова олія, ферменти, жирні кислоти, стероли, токофероли, неомілювальні речовини.

Постановка проблеми. Використання ензимних технологій у переробці насіння олійних культур було започатковано в технології водно-ферментативного фракціонування насіння. Згодом було запропоновано використання гідролітичних ферментів для підготовки олійного матеріалу до пресового вилучення олії. Зазвичай, для цієї мети використовують целюлази, геміцелюлази, пектинази та протеази. Проте вплив біокаталізаторів на хімічний

склад вилучених олій остаточно не досліджений. Зокрема, в науковій літературі не наведені дані щодо впливу попередньої ензимної обробки на хімічний склад олії із насіння гарбузів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підвищення ефективності водного екстрагування олії та білків з олійного насіння було запропоновано використовувати гідролітичні ферменти з метою руйнування клітинних оболонок, а також білкових каркасів, що оточують олеосоми. Так, в [1] виявлено, що використання протеаз у процесі водного екстрагування соєвого борошна давало можливість збільшити вихід олії на 25%, проте ступінь інтенсифікації залежав від інших параметрів екстрагування. Високого виходу екстрагованої олії (88—99%) за наявності протеаз із екструдованих розмелених соєвих бобів або пластівців було досягнуто також у дослідженнях [2; 3].

Механізм дії гідролітичних ферментів на олійний матеріал полягає в гідролізі нерозчинних вуглеводів і білків, їх розчиненні, внаслідок чого звільняється додаткова кількість олії, заблокованої в окремих компартментах [4; 5]. Недоліком водно-ферментативного екстрагування олійної сировини є необхідність руйнування емульсії, яка утворюється, та повне вилучення олії.

Водночас технології попередньої ферментативної обробки олійного матеріалу були запропоновані як спосіб підготовки матеріалу до пресового вилучення олії. З цією метою, зазвичай, використовують целюлазу, геміцелюлазу, пектиназу та протеази. Показано, що після попередньої обробки насіння карбогідразами та протеазами збільшувався вихід пресової ріпакової [6], конопляної [7], соєвої [8], лляної [9] олії. У [9] виявлено, що більшість фізико-хімічних показників, таких як показник заломлення, густина, йодне число, вміст вільних жирних кислот, число омилення, колір і профіль жирних кислот істотно не відрізнялись між олією із контрольного та насіння, попередньо обробленого ферментами. Одночасно вміст пероксидів, анізидинове число, вміст кон'югованих дієнів, триєнів і профіль окиснення (метод Рансімат) були вищими у лляної олії, вилученої після ензимної обробки, порівняно із контролем.

Дослідження впливу ферментативної обробки олійної сировини на якість пресової конопляної олії не виявили значної відмінності значень йодного показника, показника заломлення, густини, неомилених речовин і складу жирних кислот контрольного зразка пресової олії та олії, вилученої із насіння після ферментативної обробки [7]. Значення числа омилення, вмісту вільних жирних кислот, йодного та пероксидного числа досліджених зразків олії дещо відрізнялись. Показано, що олія, вилучена з конопляного насіння, попередньо обробленого ферментними препаратами із целюлазною та протеазною активністю, мала відносно більш високий вміст токоферолів (4,8—14,1%), а також вищу окиснювальну стабільність (Рансімат-тест) [7].

Результати дослідження впливу попередньої ферментативної обробки на якісні показники та компонентний склад рослинної олії, представлені в опублікованих джерелах, є дещо суперечливі.

Мета дослідження: оцінити вплив ферментних препаратів із протеазною та целюлазною активністю на показники складу олії з насіння гарбузів.

Матеріали і методи. Попередню обробку подрібненого гарбузового насіння ферментними препаратами проводили протягом 2 год за температури 48—54°C при співвідношенні протеазної та целюлазної активності як 7:3. Висушування насіння проводили за температури (80±5)°C до значення вологості 7,0%. Із підготовленого насіння олію вилучали на лабораторному шнековому пресі за температури (60±5)°C.

Жирнокислотний склад олій досліджували за допомогою газОВО-рідинної хроматографії [10; 11] на газовому хроматографі Agilent Technologies 7890 із застосуванням капілярної колонки Zebron FAME (Phenomenex) довжиною 100 м, з внутрішнім діаметром 0,25 мм та товщиною нерухомої фази 0,2 мкм за таких умов: швидкість потоку газу-носія — 1,2 мл/хв, коефіцієнт поділу потоку — 1:100, температура випаровувача — 280°C, температура детектора (ПД) — 290°C. Об'єм інжекції — 1 мкл. Температурний режим колонки — поступове нагрівання від 60°C до 260°C:

- витримання при 60°C — 4 хв;
- нагрівання від 60 до 150°C із швидкістю 4°C/хв, витримання при 150°C — 10 хв;
- нагрівання від 150 до 180°C із швидкістю 3°C/хв, витримання при 180°C — 5 хв;
- нагрівання від 180 до 190°C із швидкістю 3°C/хв, витримання при 190°C — 2 хв;
- нагрівання від 190 до 230°C із швидкістю 3°C/хв, витримання при 230°C — 2 хв;
- нагрівання від 230 до 260°C із швидкістю 4°C/хв, витримання при 260°C — 2 хв.

Приготування метилових ефірів жирних кислот. Для приготування метилових ефірів жирних кислот 100 мг олії розчиняли в 2 см³ розчину бутилгідрокситолуолу (ВНТ) у гептані масовою часткою 0,05%. Одержаний розчин змішували протягом 2 хв із 100 мкл розчину натрію в метанолі масовою концентрацією 46 мкг/см³ і витримували 15 хв. Додавали до суміші 1—2 г гідросульфату натрію, промивали пробу водою та фільтрували через безводний Na₂SO₄ для зневоднення і додавали 2 см³ 0,05% розчину ВНТ в гептані, струшували і фільтрували через 0,45 мкм мембранний целюлозний фільтр. Фільтр промивали за допомогою 1 см³ 0,05% розчину ВНТ в гептані, фільтрати об'єднували та використовували для аналізу метилових ефірів жирних кислот.

Для ідентифікації хроматографічних піків та обрахунку хроматограм використовували суміш метилових ефірів жирних кислот — 37 Component FAME Mix, Supelco (кат. № 47885-U). Реєстрацію та обробку хроматограм здійснювали за допомогою персонального комп'ютера, оснащеного програмним забезпеченням HP ChemStation.

Визначення ізомерного складу токоферолів методом ВЕРХ з використанням колонки з оберненою фазою [12].

До наважки олії у круглодонній колбі масою 2 г додавали 50 см³ метилового спирту, 0,25 г аскорбінової кислоти, 5 см³ з 50 г/100 см³ розчину гідроксиду калію і проводили омилення на водяній бані за температури 80—100°C протягом 15—40 хвилин.

Неомилені речовини екстрагували тричі диетиловим ефіром. Об'єднаний екстракт промивали дистильованою водою і висушували сульфатом натрію протягом 30 хвилин. Після цього ефір відганяли на роторному випарювачі при температурі 40—50°C, а залишок розчиняли у метиловому спирті й кількісно переносили у мірну колбу місткістю 10 см³. Доводили об'єм розчину метанолом до мітки, закривали і перемішували. Отриманий екстракт використовували для хроматографічного визначення вітамінів.

Для дослідження використовували рідинний хроматограф Hewlett-Packard HP 1100 з флуоресцентним (довжина хвилі збудження 295 нм, поглинання 330 нм) та діодно-матричним детекторами, обернено-фазовою колонкою Nupersil MOS діаметром 2,1 мм, довжиною 200 мм. Умови хроматографування: мобільна фаза ацетонітрил:вода (70:80), швидкість потоку 0,4 см³/хв, температура термостату 40°C.

Реєстрували не менше п'яти хроматограм кожного розчину. З отриманих значень площ хроматографічних піків знаходили середнє арифметичне (розходження між отриманими величинами не повинно перевищувати 10%). За одержаними даними будували градувальні залежності площі піка від концентрації компонента.

На хроматограмах ідентифікували компоненти за часом утримання піків на хроматограмах контрольних розчинів. Кількісне визначення проводили з урахуванням площі піків.

Визначення складу стеролової фракції. До досліджуваного зразка олії масою 100 мг додавали 10 см³ стандартного розчину бетуліну та 100 см³ спиртового розчину КОН і кип'ятили на водяній бані 1 годину. Після охолодження пробу переносили у ділильну лійку, додаючи 200 см³ дистильованої води і 100 см³ диетилового ефіру, енергійно струшували та відокремлювали верхній ефірний шар. Промивання повторювали тричі. Об'єднані ефірні екстракти переносили в іншу ділильну лійку, додаючи 100 см³ дистильованої води, обережно струшуючи. Після розшарування водний шар зливали і промивання повторювали тричі. Верхній ефірний розчин фільтрували крізь шар сульфату натрію. Випаровували розчинник на ротаційному плівковому випарнику до одержання 1 см³ розчину. За допомогою мікрошприца наносили розчин на підготовлену кремнієву пластинку і ставили її у бак проявника. Після розгонки пластинку виймали, даючи розчиннику випаритися. Мікрошпателем збирали кремній, що містив стеролову фракцію. Кремній клали у конічну колбу, додавали 5 см³ диетилового ефіру і кип'ятили на водяній бані 15 хв. Розчин охолоджували і фільтрували через паперовий фільтр. Кремній з фільтрувального паперу повторно екстрагували і фільтрували ще двічі. Залишок розчиняли в мінімальній кількості розчинника для проявлення й аналізували шляхом хроматографії у газовій фазі.

Детекцію проводили згідно з [13] на газовому хроматографі CP-3800 (Varian), обладнаному полум'яно-іонізаційним детектором, системою електронного управління потоками газів, універсальним інжектором для введення зразків у режимах з розділенням та без розділення потоків та автосемплером (CP-8410 Varian). Використано капілярну колонку MET-Biodiesel із вбудованою передколонкою, довжина колонки 14 м, внутрішній діаметр 0,53, тов-

щина нерухої фази 0,16 мкм за таких умов: швидкість потоку газу-носія — 5,0 см³/хв, коефіцієнт поділу потоку — 1:10, температура випаровувача — 360°C, температура детектора — 390°C, температурний режим колонки — поступове нагрівання від 160°C до 340°C. Об'єм інжекції — 1 мкл.

Результати і обговорення. Як свідчать одержані нами дані, попередня обробка подрібненого гарбузового насіння ферментними препаратами протягом 2 год за температури 48—54°C при співвідношенні протеазної та целюлазної активності як 7:3 призводила до збільшення виходу пресової гарбузової олії приблизно на 8%. Така обробка не супроводжувалась інтенсифікацією перебігу окиснювальних процесів — одержана олія за значенням пероксидного числа не відрізнялась від контролю.

Аналіз жирнокислотного складу досліджуваних зразків олії свідчить, що основними жирними кислотами є поліненасичена лінолева та мононенасичена олеїнова кислот. Їх сумарний вміст становить приблизно 81% від загального вмісту жирних кислот (табл. 1). Понад 17% жирних кислот складають насичені жирні кислоти, основні з яких — пальмітинова та стеаринова. Достовірних відмінностей складу жирних кислот між досліджуваними зразками олій не виявлено.

Таблиця 1. Склад жирних кислот у досліджуваних зразках гарбузової олії

№	Жирна кислота	Масова частка жирної кислоти, % від загального вмісту	
		Олія із насіння, обробленого в контрольних умовах	Олія після попередньої ферментативної обробки насіння
1	C 16:0	11,57±0,15	11,40±0,15
2	cis-9-C 16:1	0,16±0,05	0,16±0,05
3	C 18:0	5,51±0,10	5,37±0,10
4	cis-9-C 18:1	34,92±0,20	34,91±0,20
5	cis-11-C 18:1	0,80±0,15	0,79±0,15
6	cis, cis-9,12-C 18:2	45,95±0,20	46,29±0,20
7	C 20:0	0,40±0,05	0,39± 0,05
8	cis,cis,cis-9,12,15-C 18:3	0,20±0,20	0,20±0,20
9	cis-11-C 20:1	0,11±0,10	0,10±0,10
10	C 22:0	0,13±0,05	0,13±0,05
11	C 24:0	Не виявлено	0,07±0,05
Групи жирних кислот:			
	насичені	17,79	17,54
	мононенасичені	35,99	35,97
	поліненасичені	46,22	46,49

Важливим показником хімічного складу рослинних олій є вміст стеролової фракції. Тривалий час вважали, що ці речовини не надають особливих властивостей оліям і жирам [14]. Проте пізніше було встановлено, що фітостероли інгібують реакції полімеризації в оліях під час термічної обробки. Згодом було виявлено, що вони здатні зменшувати вміст холестеролу та ліпідів низької густини в сироватці крові. Співвідношення між окремими представниками стеролів у досліджених зразках гарбузової олії практично не відріз-

нялось (табл. 2). Основними представниками фітостеролів у гарбузовій олії є 7,22,25-стигмастатриєнол та α -спінастерол, масова частка яких становить понад 50% від загального вмісту стеролів.

Таблиця 2. Склад стеролової фракції у досліджуваних зразках гарбузової олії

Стерол	Масова частка, % від загального вмісту	
	Олія із насіння, обробленого в контрольних умовах	Олія після попередньої ферментативної обробки насіння
Кампестерол	3,65	3,95
Стигмастерол	2,10	1,93
24-метилхолест-7-єнол	1,63	2,01
7,22,25-Стигмастатриєнол+ α -Спінастерол	51,86	52,99
Δ -5-авенастерин	2,07	2,48
7,25-Стигмастадиєнол	24,17	25,07
Δ -7-стигмастерин	5,84	6,42
Δ -7-авенастерин	8,69	5,15
Сумарна масова частка стеролів, мг/кг олії	3242,1 \pm 78	3133,7 \pm 67

Відомо, що найбільш потужними антиоксидантами у рослинних оліях є токофероли. Найбільш ефективним антиоксидантом серед токоферолів є α -токоферол, він має найнижчий оптимум концентрації антиоксидантної активності: 10—25 мг % [15].

Аналіз складу гомологів токоферолів та їх загального вмісту у дослідних зразках олії свідчить, що в олії, одержаній із насіння після його обробки гідролітичними ферментами, масова частка токоферолів була на 68% вищою, ніж у контролі (табл. 3). Найбільш суттєва різниця спостерігалась за вмістом δ -токоферолу, його вміст в олії після ферментативної обробки був майже у чотири рази вищим порівняно з контрольним зразком олії. Масова частка α -токоферолу в експериментальному зразку олії була близькою до оптимальної концентрації для антиоксидантної активності даного гомологу. За вмістом β -каротину зразки олії відрізнялись несуттєво. Масова концентрація сквалєну, який також входить до неомилуваної фракції ліпідів, була приблизно на 10% нижчою в олії, вилученій із насіння, обробленого гідролітичними ферментами (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст неомилувальних ліпідів у зразках гарбузової олії

Олія	Токофероли, мкг/г				Сквалєн, мкг/г	β -каротин, мкг/г
	α	$\beta+\gamma$	δ	сума		
Олія із насіння, обробленого в контрольних умовах	88,67 \pm 0,52	8,28 \pm 0,26	27,04 \pm 0,38	123,99	1045,3 \pm 1,07	29,56 \pm 0,39
Олія після попередньої ферментативної обробки насіння	96,47 \pm 0,61	12,06 \pm 0,51	100,00 \pm 0,54	208,53	895,2 \pm 1,21	28,33 \pm 0,47

Висновки

Одержані дані свідчать, що попередня обробка гарбузового насіння гідролітичними ферментами не має суттєвого впливу на жирнокислотний склад вилученої гарбузової олії. В олії, вилученій із гарбузового насіння після ферментативної обробки, виявлено значне збільшення вмісту токоферолів, що може забезпечувати високу антиоксидантну здатність такої олії. У той же час така олія не відрізнялась від контрольного зразка за співвідношенням окремих представників стеролів, масовою часткою β -каротину, а вміст сквалєну в ній був дещо нижчим. Отже, використання попередньої обробки гарбузового насіння гідролітичними ферментами не має негативного впливу на показники складу пресової гарбузової олії та може підвищувати її стійкість до окиснення.

Література

1. Latif S., Anwar F. Aqueous enzymatic sesame oil and protein extraction. *Food Chem.* 2011. V. 125. No. 2. P. 679—684.
2. Lamsal B.P., Murphy P.A., Johnson L.A. Flaking and extrusion as mechanical treatments for enzyme-assisted aqueous extraction of oil from soybeans. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 2006. V. 83. No. 11. P. 973—979.
3. Moura J. M., Campbell K. A., Mahfuz A. et al. Enzyme-assisted aqueous extraction of oil and protein from soybeans and cream de-emulsification. *J. Am Oil. Chem. Soc.* 2008. V. 85. No. 10. P. 985—995.
4. Jung S., Mahfuz A., Maurer D. Structure, protein interactions and in vitro protease accessibility of extruded and pressurized full-fat soybean flakes. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 2009. V. 86. No. 3. P. 475—483.
5. Towa L.T., Kapchie V.N., Hauck C. et al. Enzyme assisted aqueous extraction of oil from isolated oleosomes of soybean flour. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 2010. V. 87. No. 3. P. 347—354.
6. Cherstva A., Lastovetska A., Nosenko T. Using of enzymes to extract of rapeseed oil by pressing. *Ukrainian Journal of Food Science.* 2016. V. 4. No. 1. P. 85—92.
7. Latif S., Anwar F. Physicochemical studies of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil using enzyme-assisted cold-pressing. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2009. No. 111. P. 1042—1048.
8. Bargale P.C., Sosulski K., Sosulski F.W. Enzymatic hydrolysis of soybean for solvent and mechanical oil extraction. *J. Food Process. Engineer.* 2000. V. 23. P. 321—327.
9. Anwar F., Zreen Z., Sultana B., Jamil A. Enzyme-aided cold pressing of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.): Enhancement in yield, quality and phenolics of the oil. *Grasas y aceites.* 2013. V. 64. P. 463—471.
10. Жири та олії тваринні й рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508:1990, IDT): ДСТУ ISO 5508-2001. Введ. в дію 01.01.2003. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 15 с.
11. Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509:2000, IDT): ДСТУ ISO 5509-2002. Введ. в дію 01.10.2003. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 27 с.
12. Жири та олії тваринні і рослинні. Вимірювання α -, β -, γ -, δ -токоферолів (EN12822:2000, IDT): ДСТУ EN 12822:2005. Введ. в дію 01.07.2006. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 20 с.
13. ISO 12228-1:2014 Determination of individual and total sterols contents — Gas chromatographic method. Part 1: Animal and vegetable fats and oils. 5 p.
14. O'Brien, Richard D. Fats and oils : formulating and processing for applications / by Richard D. O'Brien. 2004. CRC Press, Boca Raton. 574 p.
15. Huang S.W., Frankel E.N., German J.B. Antioxidant Activity of α and γ -Tocopherols in Bulk Oils and in Oil-in-Water Emulsions. *J. Agric. Food Chem.* 1994. V. 42. No. 10. P. 2108—2114.

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 даний 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 і на сайті журналу <http://journal.nuft.edu.ua>. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути опублікована 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 вчитаних роздруковок 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 (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською та українською мовами (1 800 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 основного матеріалу;
 - 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.