



2019

НАУКОВІ ПРАЦІ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 25 № 6

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

КИЇВ ✧ НУХТ ✧ 2019

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, category "B" (Decree of MES of Ukraine # 975 from July 11, 2019), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

Editorial office address:

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

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 4 from 28th of November, 2019

© NUFT, 2019

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, категорія «Б» (Наказ МОН України № 975 від 11.07.2019), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

Адреса редакції:

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

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій.
Протокол № 4 від 28 листопада 2019 року

© НУХТ, 2019

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор
Editor-in-Chief

Анатолій Українець
Anatoliy Ukrainets

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

Заступник головного редактора
Deputy chief editor

Олександр Шевченко
Olexander Shevchenko

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

Відповідальний секретар
Accountable secretary

Юрій Пенчук
Yuriy Penchuk

канд. техн. наук, доц., Україна
Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Члени редакційної колегії:

Агота Гедре Райшене
Agota Giedre Raisiene

д-р екон. наук, Литва
Ph. D. Hab., Lithuanian Institute of Agrarian Economics,
Lithuania

Атанаска Тенсва
Atanaska Teneva
Анатолій Зайнчковський
Anatoly Zainchkovskiy

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

Анатолій Ладанюк
Anatoly Ladanyuk

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

Андрій Маринін
Andriy Marynin

канд. техн. наук, ст. наук. сп., Україна
Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Брайан Мак Кенна
Brian McKenna
Валерій Мирончук
Valerii Myronchuk

д-р техн. наук, проф., Ірландія
Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland
д-р техн. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Василь Кишенько
Vasyl Kyshenko

канд. техн. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Василь Пасічний
Vasyl Pasichnyi

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

Віктор Доценко
Victor Dotsenko

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

Віктор Стабніков
Viktor Stabnikov

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

Володимир Зав'ялов
Volodymyr Zavialov

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

Володимир Іванов
Volodymyr Ivanov

Галина Колісник
Halyna Kolisnyk
Галина Поліщук
Halyna Polishchuk

Герхард Шльонінг
Gerhard Schleining
Дайва Лескаускайте
Daiva Leskauskaite
Ірина Штулер
Iryna Shtuler
Кристина Сильва
Cristina L.M. Silva
Лада Шірінян
Lada Shirinyan

Лариса Арсенєва
Larisa Arsenyeva

Наталія Луцька
Nataliia Lutska

Олександр Бутнік-Сіверський
Oleksandr Butnik-Siverskyi

Олександр Гавва
Oleksandr Gavva

Олександр Кургаєв
Oleksandr Kurgaev

Олена Дерев'янка
Olena Derevianko

Олена Стабнікова
Olena Stabnikova

Паола Піттія
Paola Pittia
Володимир Ковбаса
Volodymyr Kovbasa

Світлана Бондаренко
Svitlana Bondarenko

Світлана Літвинчук
Svitlana Litvynchuk

Сергій Чумаченко
Serhii Chumachenko

Хууб Лелієвельд
Huub Lelieveld

д-р. біол. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
д-р екон. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., Uzhhorod National University, Ukraine
д-р техн. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
д-р техн. наук, Австрія
Ph. D. Hab., Prof., University of Natural Resources, Austria
д-р техн. наук, проф., Литва
Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
д-р екон. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National academy of management
д-р техн. наук, проф., Португалія
Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa
д-р екон. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
д-р техн. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
канд. техн. наук, доц., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
д-р екон. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
д-р техн. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
д-р техн. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
д-р екон. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
канд. техн. наук, доц., Україна
Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
д-р техн. наук, проф., Італія
Ph. D. Hab., Prof., University of Teramo, Italy
д-р техн. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
д-р хім. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
канд. техн. наук, доц., Україна
Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
д-р техн. наук, ст. наук. сп., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine
Нідерланди
Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization
Initiatives, Netherlands

ЗМІСТ Біотехнології

Черепанський В. В., Грегірчак Н. М. Збереження життєздатності клітин як запорука якості пробіотичних препаратів
Пирог Т. П., П'ятецька Д. В., Клименко Н. О., Шевчук Т. А., Леонова Н. О. Інтенсифікація синтезу ауксинів у продуцента поверхнево-активних речовин *Nocardia vaccini* IMB B-7405

Економіка, менеджмент і маркетинг
Страшинська Л. В. Споживчий ринок пива та сучасні тренди його розвитку
Драган О. І. Таксономічна оцінка рівня організації праці на підприємствах м'ясопереробної галузі
Бергер А. Д. Методичний підхід до формування корпоративної соціальної відповідальності підприємств м'ясопереробної галузі

Механічна та електрична інженерія
Бабанов І. Г., Бабанова О. І., Михайлов В. М., Бабкіна І. В., Шевченко А. О., Прасол С. В. Розроблення технологічного процесу виробництва м'ясних січених напівфабрикатів за умов ІЧ-нагрівання в газовому середовищі
Гапонюк І. І. Технологія сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл за спадними режимами

Горчакова О. М., Якимчук М. В. Розробка мехатронного модуля дозування рідких харчових продуктів
Деренівська А. В., Кривопляс-Володіна Л. О., Токарчук С. В. Імітаційне моделювання раціональних параметрів функціональних модулів пакувальної лінії

Бржезицький В. О., Гаран Я. О., Лапоса М. Ю., Маслюченко І. М. Вплив профілювання конічної частини стрижня ізолятора на максимальну напруженість електричного поля в його цементно-піщаному закладенні
Авдеева Л. Ю., Макаренко А. А., Жукотський Е. К. Кавітаційні технології для виробництва нанопрепаратів
Соколенко А. І., Максименко І. Ф., Костюк В. С. Синтез активованих змішувачів потоків

Шевченко О. Ю., Бедрик О. В., Малета В. М. Утилізація концентрату головної фракції методом десорбції
Середюк В. В., Чепелик О. О., Чепелик О. М. Обґрунтування режиму роботи обладнання для сушіння міцеляльної біомаси

Харчові технології
Баль-Прилико Л. В., Леонова Б. І., Рябовол М. В. Використання харчових апельсинових волокон при виробництві м'ясних продуктів
Білько М. В., Олійник А. О., Бабко Д. Є. Полівінілполіпіролідон для запобігання порожевінню у білих винах

CONTENTS Biotechnology

7 *Cherepanskyi V., Hrehirchak N.* Preservation viability of the cells as guaranty of quality of probiotic preparations
15 *Pirog T., Piatetska D., Klymenko N., Shevchuk T., Leonova N.* Intensification of auxins synthesis in surfactants producer *Nocardia vaccini* IMV B-7405

Economy, Management and Marketing
24 *Strashynska L.* The beer consumer market and the modern trends of its development
32 *Dragan O.* Taxonomical estimation of the organization of labour level at the enterprises of meat processing industry
41 *Berher A.* Methodical approach to the forming of corporate social responsibility of meat processing enterprises

Mechanical and Electrical Engineering
50 *Babanov I., Babanova E., Mykhaylov V., Babkina I., Shevchenko A., Prasol S.* Development of the technological process of production of meat milled semi-finished products under infrared heating in the gas medium
56 *Gaponyuk I.* Technology of drying of capillary-porous colloid bodies by decreasing modes

66 *Horchakova O., Iakymchuk M.* Development of the mechatron module for dosing liquid food products
74 *Derenivska A., Kryvoplias-Volodina L., Tokarchuk S.* Simulation modeling of rational parameters of functional modules of packing line

85 *Brzhezitskyi V., Haran Y., Laposha M., Maslyuchenko I.* The influence of profiling the conical part of the insulator on the maximum voltage of the electrical field in its cement-sand bed

93 *Avdeeva L., Makarenko A., Zhukotsky E.* Cavitation technologies for the production of nanopreparations
102 *Sokolenko A., Maksymenko I., Kostyuk V.* Synthesis of activated flow mixers

114 *Shevchenko O., Bedryk O., Maleta V.* Utilization of the main fraction concentrate by the desorption method
122 *Serediuk V., Chepeliuk O., Chepeliuk O.* Substantiation of the operating mode of the equipment for mycelium biomass drying

Food Technology
131 *Bal'-Prylypko L., Leonova B., Ryabovol M.* Use of orange nutritional fibers in producing of meat products
138 *Bilko M., Oliynyk A., Babko D.* Polyvinilpolypyrrolidon to prevent «pinkings» in white wines

- Івчук Н. П., Башта А. О., Мартиненко Т. А. Вивчення впливу порошоків пряних коренеплодів і кореневищ на активність дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*
- Гук Є. І., Іщенко В. М., Кочубей-Литвиненко О. В., Іщенко М. В. Співвідношення загального та йонного фосфору у різних видах незбираного і питного коров'ячого молока
- Капустян А. І., Черно Н. К., Пукас А. С. Розроблення методу визначення функціональних харчових інгредієнтів мурапетидного походження у бактеріальних дезінтегратах
- Радзівська І. Г., Мельник О. П., Пушнова А. О., Гердчук А. М. Використання олії чорного кмину у складі засобу для волосся
- Шаповаленко О. І., Рибчинський Р. С. Дослідження параметрів вологотеплової обробки дрібних кукурудзяних пластівців
- Сімахіна Г. О., Мартиненко Т. А., Закржевський М. В. Нутрієнти для підвищення резистентності організму людини до антропогенних чинників
- Штонда О. А., Пасічний В. М. Перспективи використання фруктово-ягідної сировини у технології м'ясних натуральних напівфабрикатів
- Юкало В. Г., Дацишин К. Є. Технологія соєво-молочного комбінованого продукту спеціального призначення з гідролізатом білків сироватки молока
- Юрчак В. Г., Кравчук Д. М., Шаркова Н. О., Декуша Г. В. Дослідження та оптимізація процесів виготовлення макаронних виробів функціонального призначення з використанням препаратів грибів шиїтаке
- Гащук О. І., Москалюк О. Є., Гришиний П. О., Грищенко О. А. Удосконалення технології м'ясо-рослинних консервів з використанням бобових
- Поварова Н. М., Мельник Л. А. Дослідження композицій білкових добавок тваринного і рослинного походження та їх використання у м'ясних виробках
- Товма Л. Ф., Євлаш В. В., Коновалова О. В. Обґрунтування рецептурного складу хліба пшеничного з додаванням напівфабрикату «Маса для формування»
- Олійник С. Г., Самохвалова О. В., Лапицька Н. В. Вплив шроту плодів шипшини на процеси дозрівання та якість житнього-пшеничного хліба
- Зміст журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» за 2019 рік**
- 144 Ivchuk N., Bashta A., Martynenko T. Research of spicy roots and rhizomes powder influence on the yeast *Saccharomyces cerevisiae* activity
- 151 Guk E., Ischenko V., Kochubei-Lytvynenko O., Ischenko M. The ratio of total and ionic phosphorus in samples of whole milk and drinking milk
- 156 Kapustian A., Cherny N., Pucas A. Development of the determination method of the muropetide originating functional food ingredients in the bacterial desintegrates
- 164 Radziewska I., Melnyk O., Pushnova A., Gerdchuk A. Use of oil of black cumin in the composition of the product for hair
- 172 Shapovalenko O., Ribchinskiy R. Modes of tempering treatment in the production of small corn flakes under laboratory conditions
- 182 Simakhina G., Martynenko T., Zakrzhevsky M. Nutrients to increase the resistance of human organism to anthropogenous factors
- 194 Shtonda O., Pasichnyi V. Prospects of use of fruit-berry raw materials in the technology of meat natural semi-filled products
- 201 Yukalo V., Datsyshyn K. Technology of soy-milk combined product for special purpose with milk whey protein hydrolysate
- 209 Yurchak V., Kravchuk D., Sharkova N., Dekusha G. The investigation and optimization of functional pasta production with usage of shiitake mushroom concentrate
- 218 Haschuk A., Moskalyuk O., Gorishniy P., Grishenko O. Improving the technology of canned meat and vegetable products with the use of beans
- 226 Povarova N., Melnyk L. Research of compositions of protein additives of animal and plant origin and their use in meat products
- 234 Tovma L., Evlash V., Konovalova O. Justification of prescription composition of wheat bread with the addition of semi-finished product "Mass for molding"
- 249 Oliinyk S., Samokhvalova O., Lapitskaya N. The influence of meal of rose hips on the ripening and quality of rye-wheat bread
- 259 **Contents of the journal "Scientific Works of the National University of Food Technologies" for 2019**

PRESERVATION VIABILITY OF THE CELLS AS GUARANTY OF QUALITY OF PROBIOTIC PREPARATIONS

V. Cherepanskyi, N. Hrehirchak

National University of Food Technologies

Key words:

*Probiotic drugs
Domestic probiotics
Freeze drying*

Article history:

Received 03.10.2019
Received in revised form
19.10.2019
Accepted 13.11.2019

Corresponding author:

N. Hrehirchak

E-mail:

g_natal@ukr.net

ABSTRACT

Nowadays in Ukraine there are problems of diseases of the gastrointestinal tract of different etiology. As a result of the decrease in the level of probiotics trains, in particular bifidobacteria and lactobacilli, digestive processes and the course of many basic biochemical processes in the body are disturbed, which in turn worsens the general condition of the organism and decreases its resistance to pathogenic and opportunistic microorganisms.

The main ways of prevention and treatment of diseases of the gastrointestinal tract are drugs belonging to the group of probiotics, the use of which allows to improve and restore the microflora of the intestine and mucous membranes of the human body, which leads to general improvement of health and prevents the development of chronic diseases.

Probiotics are quite widespread in the pharmaceutical market of Ukraine. However, overseas preparations occupy almost the entire market. Therefore, the production of domestic probiotics is an urgent task, since their main advantage is the adaptability of the strains of microorganisms used in them to the Ukrainian population.

Probably the most important stage in the production of probiotic preparations is the stage of drying. After all, this stage affects the final characteristics of the drug, such as the number of viable cells and shelf life of the drug. Significantly enhances cell survival during drying with a properly selected protective medium, but it is also important to properly select the drying process and the equipment for carrying it out. The most effective way of drying is freeze drying. Although there are potentially cheaper and faster drying methods such as spray drying, vacuum drying, and fluidized drying, none can match sublimation drying when it comes to maintaining cell viability.

ЗБЕРЕЖЕННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ КЛІТИН ЯК ЗАПОРУКА ЯКОСТІ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

В. В. Черепанський, Н. М. Грегірчак

Національний університет харчових технологій

Останнім часом в Україні дуже гостро постає проблема захворювань шлунково-кишкового тракту різної етіології. У результаті зниження рівня пробіотичних штамів, зокрема біфідобактерій і лактобацил, порушуються процеси травлення та перебіг багатьох основних біохімічних процесів в організмі, внаслідок чого погіршується загальний стан організму та знижується його стійкість до дії патогенних й умовно-патогенних мікроорганізмів.

Основним засобом профілактики і лікування захворювань шлунково-кишкового тракту є препарати, що належать до групи пробіотиків, використання яких дає змогу покращити та відновити стан мікрофлори кишечника й слизових оболонок організму людини, що приводить до загального покращання стану здоров'я та запобігає розвитку цілої низки хронічних захворювань.

На фармацевтичному ринку України лікарські пробіотичні препарати представлені доволі широко. Проте препарати закордонного виробництва займають майже весь ринок. Тому виробництво вітчизняних пробіотиків — актуальне завдання, оскільки їхньою принциповою перевагою є адаптованість штамів мікроорганізмів, які в них використовуються, до української популяції населення.

Чи не найголовнішим етапом виробництва пробіотичних препаратів є стадія висушування. Адже саме цей етап впливає на кінцеві характеристики препарату, такі як кількість життєздатних клітин і термін зберігання препарату. Значно підвищує виживання клітин під час сушіння правильно підібране захисне середовище, але й важливо правильно обрати процес сушіння та обладнання для його проведення. Найбільш ефективним способом сушіння є сублімаційна сушка (ліофілізація). Незважаючи на те, що існують потенційно дешевші та швидші методи висушування, такі як сушіння розпиленням, вакуумна сушка й сушка в киплячому шарі, жоден не може відповідати сублімаційній сушці, якщо мова йде про підтримку життєздатності клітин.

Ключові слова: пробіотичні препарати, вітчизняні пробіотики, сублімаційна сушка.

Постановка проблеми. Поширеність хвороб органів травлення (ХОТ) на сучасному етапі надзвичайно широка [1], а їх повсюдно зростаюча частота захворюваності оцінюється як епідемія. І у світі, і в Україні показники захворюваності на ХОТ прогресивно зростають, подвоюючись щодесятиліття. У структурі поширеності захворювань в Україні ці патології знаходяться на третьому місці, у структурі смертності — на четвертому [2].

Одне з провідних місць у структурі захворювань шлунково-кишкового тракту за тяжкістю перебігу, частотою ускладнень і летальності займають хронічні запальні захворювання кишечника, до яких у наш час відносять не-

специфічний виразковий коліт, хворобу Крона, синдром подразненого кишечника та ін. [1]. Ці хвороби мають періоди загострень і ремісій [3].

Актуальність проблеми визначається також значним поширенням хвороб органів травлення серед дітей та підлітків і не завжди задовільними результатами лікування. За останні два десятиліття одним із наслідків несприятливих змін у різних сферах життєдіяльності суспільства стало погіршення здоров'я дітей, у тому числі зростання хронічних форм соматичної патології. В Україні до 60% дитячого населення страждає від різних соматичних хвороб, причому захворюваність продовжує зростати [1].

Не менш поширеними є запальні захворювання статевих органів у жінок. За статистичними даними, вони займають перше місце серед усіх гінекологічних захворювань і є однією з причин порушення дітородної функції жіночого організму [4]. У таблиці 1 узагальнено кількість хворих за згаданими вище захворюваннями серед відповідних груп населення України.

Таблиця 1. Поширеність захворювань серед відповідних груп населення, млн осіб [1; 2; 4]

Захворювання за групами населення	Хворі	Здорові
Захворювання кишечника серед дітей	7 206	7 592 794
Захворювання кишечника серед дорослого населення	269 367	34 240 633
Запальні захворювання статевих органів серед жінок	275 754	22 382 832

У комплексній терапії вищезгаданих захворювань провідну роль відіграють пробіотичні препарати, ефективність яких залежить від біологічних властивостей бактерій виробничих штамів, що входять до їх складу. Наявність у пробіотиків високої антагоністичної активності щодо умовно-патогенних бактерій і помірно виражений рівень адгезивної активності є необхідними чинниками, що забезпечують порівняно швидке якісне і кількісне відновлення популяції аутофлори пацієнта, зокрема індикаторних видів лакто- і біфідобактерій [5].

Метою статті є дослідження ринку пробіотичних препаратів України та обґрунтування оптимального способу висушування пробіотиків для збереження максимальної кількості живих клітин.

Викладення основних результатів дослідження. Пробіотичні препарати на основі штамів лактобацил найбільш широко застосовують у клінічній практиці. Зазначені препарати призначаються при:

- хронічних колітах різної етіології, зокрема неспецифічних виразкових колітах, соматичних захворюваннях, ускладнених дисбактеріозами;

- в акушерсько-гінекологічній практиці для санації статевих шляхів при неспецифічних запальних захворюваннях геніталій і передпологовій підготовці вагітних групи «ризик» із порушенням чистоти вагінного секрету;

- лікуванні та профілактиці у дорослих і дітей з перших днів життя дисбіозу кишечника, що виникає внаслідок антибактеріальної, гормональної, променевої та інших видів терапії;

- лікуванні дисбіозів і запальних захворювань жіночої статевої сфери (бактеріальних вагінозів, у тому числі у вагітних, бактеріальних кольпітів, викли-

каних стафілококом та кишковою паличкою, сенільних кольпітів гормональної природи) [6].

На українському ринку лікарських препаратів переважають імпорتنі пробіотики. Так, станом на 1 січня 2016 року ринок пробіотиків мав такий вигляд: Німеччина — 20%; Словенія — 10%; Італія — 10%; Польща — 7%; Грузія — 3%; Індія — 7%; Україна — 16%; Канада — 17%; Франція — 10%.

Як видно, закордонні фірми займають близько 80% українського фармацевтичного ринку в цій сфері. Станом на 1 січня 2016 року до Державного реєстру лікарських засобів України включено 30 пробіотиків. Найпопулярніші фірми-виробники серед них: ЗАТ «Партнер» (Росія), ТОВ «Бакорен» (Росія), «Віта-фарма» (Росія), «Мікроген» (Росія), НВРУП «Діалек» (Білорусь), «Pharmachion» (Болгарія), «Ferrosan» (Данія), «Institut Rosell Inc.» (Канада), «Lek» (Словенія), «Biocodex» (Франція), «GenomBiotech» (Індія), «Sanofi-Synthelabo» (Франція), «Mili Healthcare» (Велика Британія), «Merckle» (Німеччина).

Українська фармацевтична лінія пробіотичних препаратів представлена виробниками: ДП «Ензим» (Україна) — 1 препарат, ПрАТ «Біофарма» (Україна) — 4 препарати. Лікарські препарати цієї фармакотерапевтичної групи представлені на ринку України у вигляді таких лікарських форм: порошки, краплі, таблетки й капсули [6].

Наразі, станом на 1 жовтня 2019 року, закордонні фірми займають весь український фармацевтичний ринок в цій сфері, і до Державного реєстру лікарських засобів України включено 18 пробіотиків. Найпопулярніші фірми-виробники серед них: «Lek» (Словенія), «Biocodex» (Франція), «GenomBiotech» (Індія), «Sanofi-Synthelabo» (Італія), «Merckle» (Німеччина) [7].

Проведений аналіз асортименту лікарських засобів досліджуваної групи показав, що переважно це препарати, які містять біфідобактерії — 8%, колибактерії — 8% та лактобактерії — 32%, а також дріжджі — 27% [6].

На фармацевтичному ринку України лікарські пробіотичні препарати представлені доволі широко і різняться за своїм складом та призначенням. За складом вони поділяються на монопробіотики та комплексні пробіотики. Монокомпонентні препарати — це монокультури живих мікроорганізмів, які містять представників нормальної мікрофлори кишечника. Перевагою монопробіотиків порівняно з іншими групами пробіотиків є те, що вони затримуються в організмі людини на триваліший період часу, що значно підвищує лікувальний ефект. Це пов'язано з тим, що використовувані мікроорганізми виявляються в усіх біотопах травного тракту.

Найбільш поширеними групами пробіотичних мікроорганізмів, які використовуються для виробництва монопробіотиків, є представники родів *Lactobacillus* та *Bifidobacterium*. Порівняно з біфідобактеріями, лактобактерії мають високу адгезію до слизових оболонок, що сприяє утворенню поверхневого захисного біошару, завдяки чому вони особливо важливі при патології шлунково-кишкового тракту та уrogenітального тракту. Встановлено, що деякі види лактобактерій знижують ризик утворення каменів у нирках завдяки оксалат-модифікуючій активності [6].

Основою пробіотиків є живі клітини мікроорганізмів, адаптовані до певних умов існування, що досить сильно реагують на їх зміну. Симбіотична мікро-

флора людей, які проживають в регіонах з різними кліматичними умовами, раціонами харчування, не є абсолютно однаковими. Тому слід враховувати тісну взаємодію між мікрофлорою людини та екзогенним мікробним світом.

Тобто найбільш високу ефективність проявляють пробіотики, основу яких складають «місцеві» штами мікроорганізмів. Принциповою перевагою вітчизняних пробіотиків є адаптованість штамів мікроорганізмів, які в них використовуються, до української популяції населення. Тому створення пробіотиків на основі українських біоваріантів фізіологічної мікрофлори є актуальним і важливим завданням [8].

Технологічний процес виготовлення пробіотичних препаратів охоплює приготування посівного матеріалу, виробничий біосинтез, змішування культуральної рідини із захисним середовищем, розлив, сушіння пробіотичної маси, герметизація напівпродукту, пакування готової продукції, маркування і відвантаження. Зважаючи на те, що клітини бактерій у пробіотичних препаратах повинні бути живими, одним із головних питань, що стосуються рецептури пробіотиків, є втрата їх життєздатності після сушіння та під час зберігання. Наявність достатньої кількості життєздатних мікроорганізмів у складі пробіотичних препаратів вважається істотним критерієм їхньої якості. Для підвищення тривалої стійкості пробіотиків важливо зберегти їх у сухому вигляді зі зниженим рівнем вологості. Для сушіння пробіотиків можна виділити кілька методів, включаючи розпилювальну сушку, ліофілну сушку та вакуумну сушку, проте виживання мікроорганізмів при застосуванні різних методів сушіння різниться (табл. 2).

Таблиця 2. Залежність виживання клітин від методу сушіння та способу їх захисту [9]

Метод сушіння	Спосіб підвищення життєздатності	Культура мікроорганізмів	Життєздатність клітин без застосування способу, %	Життєздатність клітин із застосуванням способу, %
1	2	3	4	5
Розпилювальна сушка	Зниження температури на виході з 80°C до 60°C	<i>S. thermophilus</i> МК-10 та <i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> 151	12,7	69,5
			8,0	22,1
Розпилювальна сушка	Використання азоту замість повітря	<i>L. lactis subsp. cremoris</i> ASCC930119	45,19	58,58
	Слабке осмотичне навантаження (0,3М NaCl, 30 хв) перед сушінням	<i>L. paracasei</i> NFBC	8,27	33,46
	Попередня обробка теплом (52°C, 30 хв)		4,3	24

Продовження таблиці 2.

1	2	3	4	5
Сублімаційна сушка	Додавання до середовища сахарози	<i>L. helveticus</i>	10	50
	Додавання до середовища знежиреного молока та трегалози	<i>L. delbrueckii</i> <i>subsp. bulgaricus</i> DSM 20081	3	70
	Зниження температури заморожування	<i>L. brevis</i> (з –20°C до –60°C)	46,4	65,2
		<i>L. salivarius</i> I24 (з –30°C до –80°C)	44,35	65
Вакуумна сушка	Додавання до середовища сорбіту	<i>L. paracasei</i> F19	29	54
	Додавання до середовища трегалози	<i>L. acidophilus</i>	18,9	37,9
	Додавання до середовища гліцерину		15,4	29,5

Сублімаційна сушка, також відома як ліофілізація, є найбільш зручним і широко застосовуваним способом видалення води для підвищення стабільності зберігання пробіотиків [9]. Порівняно з іншими методами сушіння, такими як розпилювальна сушка, ліофілізація є дорогим процесом через порівняно високі витрати на інвестиції, експлуатацію й обслуговування, але процес ліофілізної сушки надає багато переваг у результатах, отриманих з точки зору життєздатності, якості та часу зберігання пробіотичних культур. Ліофілізна сушка також має переваги з точки зору характеристик кінцевого продукту, таких як стабільність у його складі, неушкодженість поживних речовин, зниження хімічної деградації, контроль кінцевої вологості та зменшення вмісту води в кінці процесу до дуже низьких рівнів. Сушка ліофілізацією — це процес, коли вода або інший розчинник заморожуються з подальшим її вилученням із зразка на завершальних стадіях ліофілізації. Цей процес поєднує в собі три етапи: (1) зразок заморожується при низькій температурі, (2) первинна сушка відбувається, коли лід сублімується під зниженим тиском, і (3) вторинна сушка відбувається як етап десорбції, де видаляється залишкова волога або її зниження до низького рівня [10].

Усі ці етапи відбуваються в сублімаційних сушарках, основними складовими яких є:

- сушильна камера, де відбувся процес ліофілізації, має форму циліндра з декількома арматурними ребрами для міцності. Камера та дверцята виконані з нержавіючої сталі. Камера містить як полиці для продукції, так і конденсатор пари, який розташовується збоку. Камера оснащена клапанами підключення вакуумної лінії, зливом і спуском вакууму. Камера має двоє дверцят на кожному кінці. Одні призначені для завантаження/вивантаження продукції, інші знаходяться на кінці конденсатора;

- полиці та вагонетки. Певна кількість «модулів» складається з декількох полиць, які призначені для завантаження виробів. Продукт поміщають у лотки, які завантажують на нагрівальні плити (полиці) в камеру апарата;

- конденсатор пари. Конденсатор пари розміщений у задній частині камери або нижній частині і побудований з круглої трубки діаметром 25 мм. Охолодження конденсатора пари відбувається шляхом прямого розширення. Розморожування накопиченого льоду з конденсатора пари відбувається водою, тож для пришвидшення циклу розморожування рекомендується використовувати гарячу воду.

Вакуумна система сублімаційної сушарки складається із сушильної камери, конденсатора, вакуумних труб, клапанів і резервного та утримуючого насосів. Вакуумна система є важливою для швидкої сублімації. У системі обігріву теплові плити охолоджуються і нагріваються теплоносієм. Це рідина, яка може бути охолодженою або нагрітою для забезпечення заморожування або нагрівання продукту під час циклу сушіння. Електричний котел безпосередньо нагріває рідину, а охолодження відбувається через проміжний теплообмінник. Відцентровий насос забезпечує примусову циркуляцію теплоносія [11].

Різні параметри процесу також можуть значною мірою впливати на життєздатність пробіотичних мікроорганізмів під час сушіння в ліофільному режимі, при цьому температура, за якої вони заморожуються, є ключовим параметром. В ряді досліджень показано, що чим нижча ця температура, тим кращі результати життєздатності [12].

Висновки

Отже, зважаючи на те, що ринок пробіотиків України майже повністю зайнятий продукцією закордонного виробництва, актуальним завданням є розширення ринку за рахунок виробництва конкурентоспроможних вітчизняних пробіотичних препаратів. Головною перевагою цих препаратів є адаптованість штамів мікроорганізмів, які в них використовуються, до української популяції населення, що значно підвищує їхню ефективність порівняно з імпортованими пробіотиками.

Пробіотики, виготовлені з моноштамових культур, характеризуються тривалішим лікувальним ефектом унаслідок того, що пробіотичні культури затримуються в організмі людини на триваліший період часу.

При цьому для збереження кількості живих клітин у складі пробіотичних препаратів і стабільності у процесі зберігання важливим є вибір відповідної техніки сушіння, яке є невід'ємним етапом їх виробництва. Найбільш високі показники за кількістю життєздатних клітин після процесу висушування та стабільності характеристик кінцевого продукту дає використання сублімаційної сушки. Незважаючи на те, що це дорогий і трудомісткий серійний процес, якість отриманого продукту знаходиться на достатньо високому рівні.

Література

1. Степанов Ю. М., Скирда І. Ю., Петішко О. П. Хронічні запальні захворювання кишечника: особливості епідеміології в Україні. *Гастроентерологія*. 2017. № 2, Т. 51. С. 97—105.

2. Рингач Н. О., Керецман А. О. Хвороби органів травлення: історичні паралелі змін класифікації та епідеміологічної ситуації. *Семейная медицина*. 2015. № 4, Т. 60. С. 137—141.
3. Життя по хвилинах: що потрібно знати про запальні захворювання кишечника? URL: <https://ua.interfax.com.ua/news/press-release/587596.html> (дата звернення: 20.09.2019).
4. Жилка Н. Я., МIRONIUK I. C., Слабкий Г. О. Характеристика деяких показників репродуктивного здоров'я жіночого населення України. *Лікарські відомості*. 2018. № 9, Т. 71. С. 1803—1808.
5. Лях В. Р., Червцова В. Г., Кричківська А. М. Пробиотики як сучасні превентивні препарати захворювань шлунково-кишкового тракту. *СТАС*. 2018. № 1. Вип. 1. С. 72—77.
6. Хижняк О. С. Розробка складу та біотехнології отримання комплексного пробіотичного препарату: Автореф. дис. ... канд. фарм. наук. *Харків*. 2016.
7. Державний реєстр лікарських засобів України. URL: www.drz.com.ua/ibp/ddsite.nsf/all/shlist?opendocument&atscode=A07FA (дата звернення: 01.10.19).
8. Янковский Д. С., Моисеенко Р. А., Дымент Г. С. Особенности отечественных мультипробиотиков. *Современная педиатрия*. 2009. Т. 25. № 3. С. 79—86.
9. Broeckx G., Vandenheuvel D., Claes IJ., and other. Drying techniques of probiotic bacteria a sanimportant step to wards the development of novel pharmabiotics. *Int J Pharm*. 2016. № 505. P. 303—318.
10. Conde-Islas A., Jiménez-Fernández M., Cantú-Lozano D., and other. EffectoftheFreeze-Drying Processonthe Physicochemicaland Microbiological Propertiesof Mexican Kefir Grains. *Processes*. 2019. № 3, Vol. 7.
11. Vacuum freeze dryer (FD series). URL: <https://www.liofilizador.com/upload/file/1561029497.pdf> (дата звернення: 03.10.19).
12. Fenster K, Freeburg B, Hollard C, and other. The Production and Delivery of Probiotics: A Review of a Practical Approach. *Microorganisms*. 2019. № 3, Vol. 7.

**INTENSIFICATION OF AUXINS SYNTHESIS IN
SURFACTANTS PRODUCER *NOCARDIA VACCINII*
IMV B-7405****T. Pirog, D. Piatetska, N. Klymenko***National University of Food Technologies***T. Shevchuk, N. Leonova***Zabolotny Institute of Microbiology and Virology**National Academy of Sciences of Ukraine*

Key words:*Tryptophan**Indolyl-acetic acid**Precursors of biosynthesis**Surfactant producers*

Article history:

Received 04.10.2019

Received in revised form

19.10.2019

Accepted 14.11.2019

Corresponding author:

T. Pirog

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The effect of different concentrations of tryptophan in the culture medium on the auxin-synthesizing ability of surfactant producer *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 was studied. Tryptophan (precursor of the biosynthesis of phytohormones auxin nature) was added into the medium in the form of 1% solution in the amount of 100, 200 or 300 mg/L at the beginning of the process (lag phase) or at the end of the exponential growth phase (48 h of cultivation). Purification and concentration of phytohormonal extracts were carried out by thin layer chromatography, and the qualitative and quantitative composition of auxins was determined by high performance liquid chromatography.

It was found that irrespective of the time of tryptophan introduction into the medium of cultivation of strain IMV B-7405 with refined and fried oil, there was a significant increase in the synthesis of auxins compared to the indicators on the medium without this precursor. With increasing concentration of tryptophan, the level of phytohormone synthesis increased in several times. Thus, under cultivation of the IMV B-7405 strain on refined oil without a precursor, the concentration of auxins was about 80 µg/L, and in the case of adding 100, 200 or 300 mg/L of tryptophan at the end of the exponential growth phase increased to 140, 1355 and 3143 µg/L, respectively. During the cultivation of *N. vaccinii* IMV B-7405 on the medium with fried oil, the maximum auxin concentration (5800 µg/L) was reached if 300 mg/L of tryptophan was added at the lag phase. In the composition of auxins synthesized in the presence of tryptophan indole-3-acetic acid (the dominant component) as well as indole-3-carboxylic acid and indole-3-carboxaldehyde were identified.

The possibility of developing a waste-free technology for obtaining complex microbial preparations with phytohormonal activity for use in agriculture is discussed.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СИНТЕЗУ АУКСИНІВ У ПРОДУЦЕНТА ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405

Т. П. Пирог, Д. В. П'ятецька, Н. О. Клименко

Національний університет харчових технологій

Т. А. Шевчук, Н. О. Леонова

Інститут мікробіології і вірусології НАН України ім. Д. К. Заболотного

У статті досліджено вплив різних концентрацій триптофану у середовищі культивування на ауксин-синтезувальну здатність продуцента поверхнево-активних речовин *Nocardia vaccinii* IMB B-7405. Триптофан (попередник біосинтезу фітогормонів ауксинової природи) вносили у середовище у вигляді одновідсоткового розчину у кількості 100, 200 або 300 мг/л на початку процесу (лаг-фаза) або в кінці експоненційної фази росту (на 48 год культивування). Попереднє очищення і концентрування фітогормональних екстрактів проводили методом тонкошарової хроматографії, а якісний і кількісний склад ауксинів визначали методом вискоефективної рідинної хроматографії.

Встановлено, що незалежно від моменту внесення триптофану у середовище культивування штаму IMB B-7405 як з рафінованою, так і відпрацьованою олією спостерігалось суттєве підвищення синтезу ауксинів порівняно з показниками на середовищі без цього попередника. Із збільшенням концентрації триптофану рівень синтезу фітогормонів підвищувався у кілька разів. Так, за умов росту штаму IMB B-7405 на рафінованій олії без попередника концентрація ауксинів становила близько 80 мкг/л, а у разі внесення 100, 200 або 300 мг/л триптофану в кінці експоненційної фази росту підвищувалася до 140, 1355 і 3143 мкг/л відповідно. Під час культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 на середовищі з відпрацьованою олією максимальна концентрація ауксинів (5800 мкг/л) досягалася у разі додавання 300 мг/л триптофану у лаг-фазі. У складі ауксинів, синтезованих за наявності триптофану, виявлена індол-3-оцтова кислота (домінуючий компонент), а також індол-3-карбонова кислота та індол-3-карбоксальдегід.

Підтверджено можливість розробки безвідходної технології одержання комплексних мікробних препаратів з фітогормональною активністю для використання у сільському господарстві.

Ключові слова: триптофан, індол-оцтова кислота, попередники біосинтезу, продуценти поверхнево-активних речовин.

Постановка проблеми. У попередніх дослідженнях встановлено здатність продуцента поверхнево-активних речовин *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 синтезувати фітогормони стимулювальної дії — ауксини, цитокініни та гібереліни [1]. Такі результати є основою для розробки комплексних препаратів з ріст-стимулювальними та антимікробними щодо фітопатогенних бактерій властивостями з метою використання у рослинництві.

Дослідження [2; 3], проведені на вегетаційному майданчику Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного з використанням як тест-культур томатів та ячменю, підтвердили, що супернатант культуральної рідини *N. vaccinii* IMB B-7405 позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. Встановлено, що за обробки насіння ячменю розбавленим супернатантом культуральної рідини *N. vaccinii* IMB B-7405 врожайність збільшувалася на 58,55% відповідно порівняно з обробкою насіння водою. У разі обробки кореневої системи томатів розведеним супернатантом культуральної рідини *N. vaccinii* IMB B-7405 кількість плодів перевищувала контроль на 25,0%, а загальна вага — на 77,1%.

Проте зазначимо, що концентрація позаклітинних фітогормонів, синтезованих *N. vaccinii* IMB B-7405, була невисокою, що суттєво знижує ефективність використання таких препаратів у рослинництві.

В опублікованому огляді [4] ми акцентували увагу на тому, що більшість ґрунтових мікроорганізмів (як асоційованих, так і неасоційованих з рослинами), синтезують фітогормони ауксинової природи за наявності у середовищі культивування екзогенного триптофану, який є попередником синтезу індол-3-оцтової кислоти (ІОК). Причому дослідники вносили триптофан у середовище на початку процесу культивування і, зазвичай, у достатньо високій концентрації (до 10 г/л). Зазначимо, що фітогормони є вторинними метаболітами, утворення яких починається у стаціонарній фазі росту, тому логічнішим видається і додавання попередника на цьому етапі процесу. Крім того, концентрація попередників, що використовуються для інтенсифікації синтезу у мікробних біотехнологіях, як правило, становить 0,1—0,2% від вмісту джерела вуглецю у середовищі культивування [5].

Зазначимо, що у [1] встановлено, що *N. vaccinii* IMB B-7405 синтезує ауксини за умов росту на середовищах з різними субстратами без попередника, а отже, існують потенційні можливості для підвищення їх синтезу.

Мета дослідження: встановити оптимальну концентрацію триптофану і момент його внесення у середовище культивування продуцента ПАР *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 для забезпечення максимального синтезу ауксинів.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — штам *Nocardia vaccinii* K-8, зареєстрований у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України за номером IMB B-7405.

Штам *N. vaccinii* IMB B-7405 вирощували у середовищі, що містило (г/л): NaNO_3 — 0,5—1,25; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; KH_2PO_4 — 0,1; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,001; дріжджовий автолізат — 0,5% (об'ємна частка). Джерело вуглецю та енергії — рафінована, а також відпрацьована після смаження картоплі «фрі» соняшникова олія в концентрації 1% (об'ємна частка).

Триптофан вносили у середовище у вигляді одновідсоткового розчину в кількості 100, 200 або 300 мг/л на початку процесу або в кінці експоненційної фази росту (на 48 год культивування).

Як інокулянт використовували культури в експоненційній фазі росту, вирощені на відповідних рідких середовищах, що містили 0,5—1% (об'ємна частка) субстрату. Кількість посівного матеріалу (10^4 — 10^5 кл/мл) становила 5—10% від об'єму поживного середовища. Культивування бактерій здійсню-

вали в колбах об'ємом 750 мл з 100 мл середовища на качалці (320 об./хв) при 28—30°C упродовж 120 год.

Фітогормони визначали у супернатанті, для отримання якого культуральну рідину центрифугували (5000 g) упродовж 25 хв. Залишки соняшникової олії з культуральної рідини видаляли шляхом її трикратної екстракції петролейним ефіром або гексаном (співвідношення 1:1).

Позаклітинні фітогормони ауксини виділяли методом перерозподілу фітогормонів у двох фазах розчинників, що не змішуються між собою [6]. Як органічний розчинник використовували етилацетат, рН 3,0. Одержані екстракти випарювали під вакуумом при 40—45°C. Сухий залишок перерозчиняли у 80-відсотковому етанолі, переносили у мікропробірки. Отримані екстракти зберігали за температури — 24°C.

Попереднє очищення і концентрування фітогормональних екстрактів (накопичувальна тонкошарова хроматографія) проводили на пластинках із силікагелем марки «Silufol UV₂₅₄» (Chemapol, Чехія) у суміші розчинників, що вводили послідовно: хлороформ, 12,5% водний аміак, етилацетат: оцтова кислота (20:1).

Якісний і кількісний склад ауксинів аналізували методом високоефективної рідинної хроматографії (high performance liquid chromatography — HPLC) з використанням рідинного хроматографа Agilent 1200 (Agilent Technologies, США) та мас-спектрометричного (mass spectrometry — MS) детектора Agilent G1956B. HPLC/MS аналіз ауксинових екстрактів *N. vaccinii* IMB B-7405 виконано у Центрі колективного користування при Інституті мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

Для порівняння використовували стандартні синтетичні фітогормони Sigma (Німеччина) і Acros Organic (Бельгія):

IAA — Indole-3-acetic acid, Індол-3-оцтова кислота (IOK);

ICal — Indole-3-carboxaldehyde, Індол-3-карбоксальдегід;

IC — Indole-3-carbinol, Індол-3-карбінол;

ICA — Indole-3-carboxylic acid, Індол-3-карбоксилова кислота;

IAA-hydr. — Indole-3-acetic acid hydrazide, Індол-3-оцтової кислоти гідразид;

IBut — Indole-3-butyric acid, Індол-3-масляна кислота;

Як рухомих фаз використовували метанол (А) та одновідсотковий розчин оцтової кислоти у воді (В). Розділення проводили на хроматографічній колонці Zorbax SB-C18 (2,1мм·150мм, 3 мкм) (Agilent Technologies, USA), швидкість потоку через колонку 0,25 мл/хв, температура термостату 30°C, об'єм інжекції 2 мкл. Елюювання проводили в градієнтному режимі: 0 хв — А (30%): В (70%); 25 хв — А (30%): В (70%); 35 хв — А (100%): В (0%); 35 хв — А (100%): В (0%).

Детекцію сполук проводили з використанням діодно-матричного детектора з реєстрацією сигналу при 254 та 280 нм та фіксацією спектрів поглинання в діапазоні 191—700 нм. Для визначення молекулярних мас досліджуваних сполук використовували мас-спектрометричний детектор Agilent G1956B (Agilent Technologies, USA). Іонізацію проводили в режимі ESI та APCI з фіксацією позитивних іонів у режимі SCAN в діапазоні 100—1200 m/z. Калібрування проводили з використанням стандартних розчинів ауксинів.

Усі досліди проводили в трьох повторностях, кількість паралельних визначень в експериментах становило від 3 до 5. Статистичну обробку експериментальних даних проводили, як описано раніше [1]. Відмінності середніх показників вважали достовірними при рівні значущості $p < 0,05$.

Результати і обговорення. Попередні дослідження показали, що синтез метаболітів ауксинової природи залежав від природи джерела вуглецю в середовищі культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 [1].

Вибір субстратів (рафінована та відпрацьована після смаження картоплі соняшникова олії) для вирощування *N. vaccinii* IMB B-7405 з метою інтенсифікації синтезу ауксинів був зумовлений такими причинами. По-перше, за умов росту на рафінованій олії штам *N. vaccinii* IMB B-7405 синтезував найвищу кількість ауксинів (770,4 мкг/л) порівняно з такою на інших субстратах [1]. По-друге, комплексний мікробний препарат повинен характеризуватися високою антимікробною активністю щодо фітопатогенних бактерій, а раніше у [7] встановлено, що такі властивості притаманні поверхнево-активним речовинам, синтезованим у процесі культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 на рафінованій і відпрацьованій після смаження картоплі олії. По-третє, відпрацьована олія є токсичним відходом, викиди якої в Україні не регламентуються, а використання її як субстрату дасть змогу одночасно утилізувати небезпечні відходи та знизити собівартість цільового продукту для рослинництва.

Дані, наведені у табл. 1 і 2, засвідчують, що незалежно від моменту внесення триптофану у середовище культивування штаму IMB B-7405 як з рафінованою, так і відпрацьованою олією спостерігали суттєве підвищення синтезу ауксинів порівняно з показниками на середовищі без цього попередника. Серед ауксинів були виявлені індол-3-оцтова кислота, індол-3-карбонова кислота, індол-3-карбоксальдегід, індол-3-оцтової кислоти гідрозид, проте найбільший вміст становила ІОК, попередником якої і є триптофан. Зазначимо, що найвища концентрація ауксинів досягалася за внесення у середовище з обома субстратами 300 мг/л триптофану.

Відомо [5], що більшість попередників залучаються до процесів біосинтезу вторинних метаболітів у кінці експоненційної або на початку стаціонарної фаз росту. Це чітко прослідковувалося за умов вирощування *N. vaccinii* IMB B-7405 на рафінованій олії: внесення 100, 200 і 300 мг/л триптофану в кінці експоненційної фази росту супроводжувалося підвищенням концентрації синтезованих ауксинів в 1,8, 17,8 та 41,3 раза відповідно (див. табл. 1).

Таблиця 1. Синтез ауксинів за умов росту *N. vaccinii* IMB B-7405 у середовищі з рафінованою олією із внесенням триптофану

Кількість триптофану, мг/л	Фаза росту	Концентрація ауксинів, мкг/л				Сума ауксинів, мкг/л
		ІОК	ІКК	ІК	ІОК-гідрозид	
1	2	3	4	5	6	7
0	Лаг-фаза	64,87	6,33	2,13	3,59	76,92
100	Лаг-фаза	28,99	11,59	17,68	—	58,27
	Кінець експоненційної фази	40,57	14,40	84,89	—	139,86

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4	5	6	7
200	Ляг-фаза	348,64	71,73	11,26	—	431,63
	Кінець експоненційної фази	854,03	501,45	—	—	1355,48
300	Ляг-фаза	331,42	89,95	—	—	421,37
	Кінець експоненційної фази	1986,68	1157,03	—	—	3143,70

Примітка: ІОК — індол-3-оцтова кислота; ІКК — індол-3-карбонова кислота; ІК — індол-3-карбоксальдегід; ІОК-гідрозид — індол-3-оцтової кислоти гідрозид; «—» — не виявлено.

У той же час інші закономірності спостерігали під час культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 у середовищі з відпрацьованою олією: для більшості варіантів найвищу концентрацію ауксинів спостерігали у разі додавання триптофану на початку процесу культивування (табл. 2). Ми припускаємо, що це може бути зумовлено якістю використовуваної як субстрату відпрацьованої олії, зокрема наявністю у її складі компонентів, які можуть так чи інакше впливати на біосинтез фітогормонів. З'ясуванню цих питань будуть присвячені наші подальші дослідження.

Разом з тим зазначимо, що з точки зору організації технологічного виробництва внесення попередника на початку процесу є значно зручнішим.

Таблиця 2. Вплив триптофану на синтез ауксинів у процесі культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 на відпрацьованій олії

Кількість триптофану, мг/л	Фаза росту	Концентрація ауксинів, мкг/л				Сума ауксинів, мкг/л
		ІОК	ІКК	ІК	ІОК-гідрозид	
0	Ляг-фаза	4,53	1,81	—	6,89	13,23
100	Ляг-фаза	1258,87	472,58	—	—	1731,45
	Кінець експоненційної фази	874,31	292,10	—	—	1185,67
200	Ляг-фаза	2331,15	470,62	—	—	2801,77
	Кінець експоненційної фази	2166,39	725,81	12,69	—	2910,84
300	Ляг-фаза	4666,74	1139,24	—	—	5805,98
	Кінець експоненційної фази	1538,84	719,73	—	—	2258,57

Примітка: ІОК — індол-3-оцтова кислота; ІКК — індол-3-карбонова кислота; ІК — індол-3-карбоксальдегід; ІОК-гідрозид — індол-3-оцтової кислоти гідрозид. «—» — не виявлено.

Дані, наведені у табл. 1 і 2, засвідчують, що концентрація синтезованих ауксинів підвищувалася із збільшенням концентрації попередника у середовищі культивування *N. vaccinii* IMB B-7405. Не виключено, що й подальше

підвищення кількості триптофану буде супроводжуватися інтенсифікацією синтезу ауксинів. Проте на цьому етапі для створення ефективного мікробного препарату з ріст-стимулювальними властивостями в цьому немає необхідності, оскільки за досягнутої концентрації ауксинів (3000—5000 мкг/л, див. табл. 1 і 2) культуральну рідину *N. vaccinii* IMB B-7405 з метою обробки насіння або кореневої системи розсади рослин необхідно розбавляти як мінімум у 400—500 разів.

Зазначимо, що після публікації нашого огляду [4], в якому було проаналізовано наявну на той час літературу щодо синтезу фітогормонів різними мікроорганізмами, з'явилися роботи, в яких дослідники порівнювали синтез ауксинів за відсутності та наявності попередника. Так, Mon Muo із співавт. [9] встановили, що продуцент неоміцину *Streptomyces fradiae* NKZ-259 на середовищі без триптофану синтезував 4,876 мкг/л індол-3-оцтової кислоти, а у разі внесення триптофану (2 г/л) рівень синтезу збільшився у 20 разів (до 82,363 мкг/л). Проте ефективність трансформації такої кількості триптофану (у 6—10 разів вища, ніж використовується в нашому дослідженні) в ІОК штамом NKZ-259 була вкрай низькою, а концентрація індол-3-оцтової кислоти перебувала на рівні синтезованої *N. vaccinii* IMB B-7405 у середовищі без попередника.

Wagi і Ahmed [10] встановили, що виділений з ризосфери пасльону чорного (*Solanum nigrum*) штам *Bacillus cereus* So3II b на середовищі без триптофану утворював 23,3 мг/л ІОК, а при додаванні попередника у 3 рази більше — 70,0 мг/л. Концентрацію триптофану, що забезпечувала синтез такої кількості ауксинів, автори не наводили, проте у дослідженнях використовували попередник у достатньо високій кількості (5—40 мг/мл). Зазначимо, що на відміну від штаму *S. fradiae* NKZ-259 [9], *B. cereus* So3II характеризувався значно вищим рівнем синтезу ІОК навіть за умов росту на середовищі без попередника.

Літературні дані свідчать про те, що для ризосферних бактерій, асоційованих з рослинами, підвищений синтез ауксинів часто спостерігається у стресових умовах (зміна рН, температури тощо). Так, у [11] зазначається, що за умов культивування виділених з ризосфери стевії медової (*Stevia rebaudiana*) неідентифікованих штамів при рН 9 та температурі 37°C на середовищі з пептоном (містить у своєму складі триптофан) рівень синтезу ауксинів сягав 91,7 мг/л. У подальших дослідженнях було встановлено, що під час вирощування цих штамів на декстрозі без внесення триптофану концентрація ауксинів досягала 104,0 мг/л.

У 2017 р. з'явилося повідомлення [12] про виділення з філосфери рису штаму *Enterobacter* sp. DMKU-RP206, який на середовищі з лактозою і 1,1% триптофану синтезував до 5,56 г/л ІОК, що в 13,4 раза більше, ніж без триптофану (0,415 г/л). Така концентрація дає змогу розглядати штам DMKU-RP206 як перспективний продуцент ауксину для розробки відповідної технології. Зазначимо, що в літературі є лише поодинокі публікації про штами, здатні до синтезу такої концентрації ІОК (кілька г/л). Так, в огляді [4] ми навели інформацію про штам бактерій *Pantoea agglomerans* PVM, який на

середовищі з сахарозою та триптофаном (1 г/л) синтезував 2,191 г/л ІОК, а також про штам дріжджів *Rhodospiridium paludigenum* DMKURP301, який на сахарозі за наявності та 0,4% триптофану утворював 1,63 г/л індол-оцтової кислоти.

Загалом, аналіз літературних даних показав, що в [9—11] вдалося підвищити синтез ІОК у 3—20 разів, щоправда за наявності досить високих концентрацій триптофану (від 1 до 40 г/л). Варто зауважити, що за такої концентрації триптофан можна вважати ростовим субстратом, а не попередником біосинтезу. Крім того, використання такої кількості триптофану як компонента поживного середовища є недоцільним з економічної точки зору. Наші дослідження показали, що за значно нижчих концентрацій триптофану (до 300 мг/л) відбувається інтенсифікація синтезу ауксинів у сотні разів.

Крім того, вперше доведено можливість інтенсифікації синтезу ауксинів на відходах інших виробництв, зокрема харчової промисловості (відпрацьована після смаження картоплі олія). У літературі подібні відомості відсутні. Щоправда, у 2018 р. було опубліковано працю [13], в якій встановлено, що ендоефітний штам *Pseudomonas aeruginosa* L10 за умов росту на дизельному паливі (5 г/л) без триптофану синтезував 27 мкг/л індол-3-оцтової кислоти, а також утворював поверхнево-активні рамноліпіди. Зазначимо, що в цьому дослідженні автори не намагалися підвищити синтез ІОК.

Висновки

Отже, в результаті проведеного дослідження встановлено можливість підвищення на один-два порядки кількості синтезованих ауксинів у разі внесення в олієвмісні середовища культивування штаму *N. vaccinii* IMB B-7405 невисоких концентрацій попередника їх біосинтезу.

Література

1. Пирог Т. П., Леонова Н. О., Шевчук Т. А., Савенко И. В., Иутинская Г. А. Влияние условий культивирования продуцентов поверхностно активных речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 і *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 на синтез фітогормонів. *Наукові праці НУХТ*. 2017; 23(5): 15—22. doi: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-1-4.
2. Havrylkina D. V., Leonova N. O., Pirog T. P. The influence of exometabolites *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 on yields of tomatoes and barley. *J. Agric. Environ.* 2019; 1(9): 1—8. doi: 10.23649/jae.2019.1.9.2.
3. Piatetska D. V., Leonova N. O., Pirog T. P., Klymenko N. O. Yield of tomatoes and peppers under the influence of *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017. *J. Agric. Environ.* 2019; 3(11): 1—8. doi: 10.23649/jae.2019.3.11.4.
4. Pirog T. P., Iutynska G. O., Leonova N. O., Beregova K. A., Shevchuk T. A. Microbial synthesis of phytohormones. *Biotechnologia Acta*. 2018; 11(1): 5—24. doi: 10.15407/biotech11.01.005
5. Підгорський В. С., Іутинська Г. О., Пирог Т. П. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу. Київ, 2010. 327 с.
6. Методические рекомендации по определению фитогормонов. Киев: Ин-т ботаники АН УССР, 1988. 78 с.
7. Panasyuk E. V., Nikityuk L. V., Iutynska G. O. Influence of cultivation conditions on antimicrobial properties of *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 surfactants. *Biotechnologia Acta*. 2016; 9(1): 38—45. doi: 10.15407/biotech9.01.038.

8. Shao J., Li S., Zhang N., Cui X., Zhou X., Zhang G., Shen Q., Zhang R. Analysis and cloning of the synthetic pathway of the phytohormone indole-3-acetic acid in the plant-beneficial *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9. *Microb. Cell Fact.* 2015; 14: 130. doi: 10.1186/s12934-015-0323-4.
9. Mon Myo E., Ge B., Ma J., Cui H., Liu B., Shi L. et al. Indole-3-acetic acid production by *Streptomyces fradiae* NKZ-259 and its formulation to enhance plant growth. *BMC Microbiol.* 2019; 19(1): 1—14. doi: 10.1186/s12866-019-1528-1.
10. Wagi S., Ahmed A. *Bacillus* spp.: potent microfactories of bacterial IAA. *Peer J.* 2019; 7: e7258. doi: 10.7717/peerj.7258.
11. Chandra S., Askari K., Kumari M. Optimization of indole acetic acid production by isolated bacteria from *Stevia rebaudiana* rhizosphere and its effects on plant growth. *J. Gen. Engineer. Biotechnol.* 2018; 16(2): 581—586. doi: 10.1016/j.jgeb.2018.09.001.
12. Nutaratat P., Monprasit A., Srisuk N. High-yield production of indole-3-acetic acid by *Enterobacter* sp. DMKU-RP206, a rice phyllosphere bacterium that possesses plant growth-promoting traits. *3 Biotech.* 2017; 7(5): 305. doi: 10.1007/s13205-017-0937.
13. Wu T., Xu J., Xie W., Yao Z., Yang H., Sun C. *Pseudomonas aeruginosa* L10: a hydrocarbon-degrading, biosurfactant-producing and plant-growth-promotion endophytic bacterium isolated from a reed (*Phragmites australis*). *Front. Microbiol.* 2018; 9: 1087. doi: 10.3389/fmicb.2018.01087.

THE BEER CONSUMER MARKET AND THE MODERN TRENDS OF ITS DEVELOPMENT

L. Strashynska

National University of Food Technologies

Key words:

*Beer market
Increased competition
Consumption volumes
Craft beer
Consumer loyalty
Assortment
Purchasing power of the
population*

Article history:

Received 09.10.2019
Received in revised form
21.10.2019
Accepted 13.11.2019

Corresponding author:

L. Strashynska
E-mail:
vip1967@ukr.net

ABSTRACT

The article analyzes the domestic consumer beer market from the secondary sales perspectives of more than 2000 stores according to 16 national Ukrainian retail chains in terms of value and volume. It was determined that the growth of the beer market in terms of value is mainly due to inflationary processes and an increase in the selling price of products on the shelves. The most popular types of beer and the changes in consumer preferences were identified. Market leaders (brands) by sales in terms of national retail chains were analyzed. Based on the analysis, it was substantiated that the beer market continues to grow, confirming the growth of the share of the top fifteen brands.

The largest producers of beer, whose parts in the beer market remain stable with minor deviations, were analyzed. The focus is on the largest national trading networks in the Beer category, among which lead “ATB”, “Silpo” and “Fora”.

It has been determined that craft beer has become the trend of recent years, which has a wide palette of flavors and can be produced by small enterprises in a limited number. The activity of the “More Pyva” network by launching the “Gourmet Menu” project was analyzed to attract the attention of consumers and to form their brand loyalty. The prospects of craft beer niche are confirmed by the activity of other enterprises in the industry, in particular, LLC “Umanpyvo” with an original line of craft varieties.

It has been proved that against the background of tax increase and growing competition in the beer market, the only way for enterprises to operate successfully is to form consumer loyalty, and craft brewing can become a tradition, which is a prerequisite for the emergence and development of beer culture.

СПОЖИВЧИЙ РИНОК ПИВА ТА СУЧАСНІ ТРЕНДИ ЙОГО РОЗВИТКУ

Л. В. Страшинська

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано вітчизняний споживчий ринок пива на основі вторинних продажів більш, ніж у 2000 магазинах за даними 16 національних українських роздрібних мереж у натуральному і вартісному вираженні. З'ясовано, що зростання ринку пива у грошовому вираженні обумовлено в основному інфляційними процесами і підвищенням відпускної ціни продукції на полицях. Визначено лідерів ринку (бренди) за обсягами продажів у натуральному вираженні національних роздрібних мереж, найбільш затребувані серед покупців види пива та окреслено зміни у споживчих перевагах. Обґрунтовано, що пивний ринок продовжує укрупнюватися, що підтверджує зростання частки перших п'ятнадцяти брендів.

Проаналізовано найбільших виробників пива, частки яких на пивному ринку залишаються стабільними з незначними відхиленнями. Акцентовано увагу на найбільших національних торговельних мережах за категорією «Пиво», серед яких лідерство належить «АТБ», «Сільпо» та «Фора» відповідно.

Встановлено, що трендом останніх років стало крафтове пиво, яке вирізняється широкою палітрою смаків і може виготовлятися на невеликих підприємствах в обмеженій кількості. Проаналізовано діяльність мережі «МОРЕ ПИВА» щодо запуску проєкту «Гурман Меню» для залучення уваги споживачів та формування їх лояльності до торговельної марки. Перспективність ніші крафтового пива підтверджує діяльність й інших підприємств галузі, зокрема ТОВ «Уманьпиво» з оригінальною лінійкою крафтових сортів.

Доведено, що на фоні підвищення акцизу та зростаючої конкуренції на пивному ринку, єдиним шляхом успішного функціонування підприємств залишається формування лояльності споживачів, а крафтове пивоваріння може стати традицією, що є необхідною умовою для зародження і розвитку пивної культури.

Ключові слова: ринок пива, посилення конкуренції, обсяги споживання, крафтове пиво, лояльність споживачів, асортиментна лінійка, купівельна спроможність населення.

Постановка проблеми. Розвиток галузей харчової промисловості, а також впровадження сучасними підприємствами нових технологій впливає на перенесення акцентів із масового безадресного виробництва продукції на виробництво з урахуванням споживчих пріоритетів і переваг.

Тенденції укрупнення вітчизняного ринку пива, посилення конкуренції, підвищення акцизу на фоні зниження купівельної спроможності населення — все це вимагає від вітчизняних виробників пошуку нових форматів боротьби за

лояльність споживачів, перегляду способів формування їх прихильності до продукції власних торговельних марок.

Зміни в асортиментній політиці підприємств у напрямку зниження собівартості продукції і розширення лінійки дешевих груп не завжди призводять до бажаних результатів. Тож трендом останніх років стало крафтове пиво, розширення виробництва якого аналітики ринку пов'язують з формуванням культури споживання пінного напою в майбутньому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема розвитку підприємств пивоварної галузі України присвятили праці такі науковці, як О. Б. Бутнік-Сіверський, В. А. Домарецький, А. О. Заїнчковський, М. В. Остапчук, Н. М. Солом'янюк, М. П. Сичевський, В. Чеботарьов, П. Л. Шиян та багато інших, проте нагальні потреби галузі вимагають визначення нових підходів як у дослідженні розвитку пивного ринку в цілому, так і особливостей функціонування підприємств в умовах змін уподобань і прихильностей споживачів.

Метою статті є аналіз стану споживчого ринку пива в цілому, визначення тенденцій продажу пива в торговельних мережах за видами пива та за торговельними марками, а також дослідження сучасних трендів на вітчизняному пивному ринку.

Викладення основних результатів дослідження. Динаміка розвитку українського ринку пива протягом 2016—2017 рр. у пропонованому дослідженні проаналізована на основі вторинних продажів пива більш, ніж у 2000 магазинах 16 національних українських роздрібних мереж («АТБ-маркет», «Сільпо», «Фора», «Експансія», «ЕКО маркет», «Квіза», Metro, «Таврія-В», Varus, «Фуршет», Auchan, Novus, «Караван», Billa, «Пако/Вопак», «Брусничка»). Аналіз показав, що загальний обсяг вторинних продажів пива в натуральному вираженні (в літрах) за підсумками 2017 р. підвищився, якщо порівняти з попереднім роком, трохи більше, ніж на 2%, що відповідає 8,7 млн л напою.

У грошовому вираженні загальні продажі пінного напою в аналізованих роздрібних мережах у 2017 р. зросли порівняно з попереднім роком приблизно на 31%, що відповідає 1,7 млрд грн у відпускних цінах.

Зростання ринку пива у грошовому вираженні обумовлено в основному інфляційними процесами і підвищенням відпускної ціни продукції на полицях. Середня роздрібна ціна однієї пляшки пива в досліджуваних провідних роздрібних мережах України за період, що аналізується, зросла на 20,5% в середньому за 2017 р. проти рівня попереднього року.

Найбільш затребуваним серед покупців національних мереж видом пива, як і раніше, залишається «Світле». У 2017 р. майже 93% усіх продажів припало саме на пиво світлих сортів. Проте слід звернути увагу на те, що порівняно з 2016 р. відбулися зміни у споживчих перевагах. Так, у 2017 р. частка «Світлого» пива у загальних обсягах продажу в роздрібній мережі зменшилась більш ніж на 1%, при цьому підвищилася питома вага «Спеціального» і «Білого» пива на 0,87% і 0,29% відповідно. Найбільше зниження показало також «Темне» пиво (–0,11%).

У 2017 р. лідери ринку дещо знизили свої позиції в рейтингу продажів. Зниження продажів показали всі бренди з першої п'ятірки, за винятком «Перша Приватна Броварня» (ППБ).

Таблиця 1. Динаміка продажів пива за видами напою у 2017 р., л

№п/п	Вид напою	%
1	Світле	93
2	Темне	2,73
3	Спеціальне	2,34
4	Біле	2,1
5	Червоне	0,02

Таблиця 2. Найбільш успішні бренди пива за обсягами продажів у літрах в національних роздрібних мережах (2016—2017 рр.)

№ у рейтингу 2016 р.	№ у рейтингу 2017 р.	Бренд	2016 р., %	2017 р., %	Відхилення, %
1	1	Чернігівське	18,08	17,22	-0,86
2	2	Львівське	13,35	12,64	-0,71
3	3	Оболонь	8,51	7,59	-0,92
5	4	ППБ	4,38	5,89	1,51
6	5	Zibert	4,05	3,77	-0,28
9	6	Балтика	3,51	3,70	0,19
8	7	Жигулівське (Carlsberg)	3,79	3,61	-0,18
23	8	Розумний вибір	0,62	3,47	2,85
4	9	Пивоварня №1	7,11	3,37	-3,74
30	10	Своя лінія	0,38	2,82	2,44
11	11	Staropramen	3,28	2,81	-0,47
7	12	Жигулівське (Оболонь)	3,87	2,71	-1,16
31	13	Жигулівське (SuninBev)	0,37	2,41	2,04
13	14	Арсенал	1,79	2,20	0,41
12	15	Тетерів	1,96	1,89	-0,07

За підсумками 2017 р. лідерами продажів стабільно є бренди «Чернігівське» (виробник SunInBev) і «Львівське» (Carlsberg), які на двох займають трохи менше 30% усіх продажів у мережах України (що на 1,6% менше, ніж у 2016 р.). Суттєво збільшились продажі бренду ППБ (+1,51% порівняно з 2016 р.).

За результатами 2017 р. можна зробити висновок, що ринок продовжує укрупнюватися. Зокрема, частка найуспішніших 15 брендів у 2016 р. складала близько 74% від усіх продажів пива в мережах, а у 2017 р. частка перших п'ятнадцяти брендів зросла до 76% (+2% за рік).

Привертає увагу також і той факт, що до перших п'ятнадцяти входять три власні торговельні марки мережі АТБ «Розумний вибір», «Пивоварня №1» і «Своя лінія», причому перша ВТМ у 2017 р. замінила в асортименті торговельної мережі іншу торговельну марку «Вигідна ціна» і зросла у продажах на 3,47%, якщо порівняти з показником попереднього року.

Таблиця 3. Провідні постачальники пива за часткою продажів у літрах в національних роздрібних мережах (2016—2017 рр.)

№ у рейтингу 2016 р.	№ у рейтингу 2017 р.	Виробник	2016 р., частка постачальника, %	2017 р., частка постачальника, %	Відхилення, %
1	1	SuninBev	27,82	29,19	1,37
2	2	Carlsberg	25,34	27,07	1,73
3	3	Оболонь	19,27	16,39	-2,88
5	4	ППБ	10,57	12,23	1,66
4	5	Privat Label	13,09	11,01	-2,08
6	6	Полтавпиво	1,52	1,89	0,37
8	7	Бердичівський ПЗ	0,28	0,36	0,08
13	8	Опілля	0,19	0,27	0,08
7	9	Умань	0,30	0,26	-0,04
11	10	Микулинецький Бровар	0,20	0,22	0,02

У першій десятці рейтингу продажів виробників основні діючі на ринку гравці у 2016 р. і 2017 р. залишились незмінними. Перша п'ятірка виробників, за винятком «Оболоні» і Private Label (власні торговельні марки мереж) (скорочення частки від рівня 2016 р. на 2,87% і 2,08% відповідно), нарощують свою частку в національній роздрібній мережі. Всього на п'ять найбільших виробників припадає майже 96% усіх продажів пива в аналізованому каналі роздрібною мережі. Окремо слід відмітити збільшення продажів ППБ («Перша Приватна Броварня») на 1,66% порівняно з 2016 роком.

Ключовим гравцем серед аналізованих 16 найбільших національних торговельних мереж за категорією «Пиво» незмінно залишається мережа «АТБ». Частка цього роздрібного каналу збуту стабільно зростає щороку. За підсумками 2017 р., на магазини «АТБ» припадало майже 56% від усіх вторинних продажів пива згідно з аналізом 16 провідних роздрібних мереж України, що майже на 2,4% більше, ніж у 2016 році. Друге місце посідає мережа супермаркетів «Сільпо» (майже 9%), третє місце — «Фора» (5,6%).

Незважаючи на те, що через ці торговельні мережі реалізується пиво промислового виробництва, аналітики ринку все частіше використовують термін «крафтове пиво», досить активно протиставляючи його масовим звичним для споживача продуктам. Тож трендом останніх років поступово стає виробництво крафтового пива, назва якого ще близько п'яти років тому була невідомою пересічному споживачеві.

У світі існує два найбільш розповсюджених тлумачення, які умовно називають «європейським» та «американським». Згідно з «європейським» тлумаченням, крафтове пиво — це пиво, створене за натхненням, а не заради комерційної вигоди. «Американське» тлумачення є більш прагматичним і пропонує достатньо чіткі критерії. Так, крафтовим можна називати лише те пиво, яке вироблене на невеликому підприємстві в обмеженій кількості. Основними інгредієнтами для його приготування повинні бути солод, хміль і вода. Пивовар може включати до рецептури прянощі, квіти, фрукти і взагалі прак-

тично все, що забезпечить більш оригінальний смак. При цьому не допускається використання штучних домішок і замінників для зниження собівартості продукції.

Проте, найбільш вагомою відмінністю крафтового пива є його багатогранність, яка полягає в широкій палітрі смаків і ароматів, властивих крафтовому пиву. Якщо продукція потужних підприємств обмежується світлим і темним лагером з невеликою часткою пшеничного і «міцного» пива, то крафтове пиво нараховує сотні різноманітних стилів, кожен з яких включає безліч підстилів, і при цьому залишається місце для нових напрямів. Сама ідея крафтового пива примушує пивоварів до безкінечного пошуку «філософського сорту пива», а споживачу пропонує зануритися у вир різноманітних смакових і ароматичних відчуттів та повністю наситити свої рецептори різноманітними смаками.

Комплектація мініпивоварень дає змогу з точністю відтворити всі технологічні процеси, необхідні для виробництва пива. А невеликі обсяги зварених партій забезпечують унікальність того чи іншого сорту, зокрема за рахунок посилення ароматизації пива шляхом використання додаткової кількості ароматичного хмелю під час процесу Dry hopping; настоювання пива на фундуку, арахісі, мигдалі, кавових зернах, фруктах, дубовій корі, стручках ванілі тощо; виробництва фруктового пива (змішування пива з натуральним пюре манго, маракуї, смородини, вишні, малини, мандарину тощо).

У 2015 р., коли крафтовий рух лише набирив обертів, мережа «МОРЕ ПИВА» однією з перших приєдналася до нього, запустивши унікальний проєкт «Гурман Меню» разом із дніпропетровською пивоварнею First Dnipro Brewery (FDB). Бажання виділитись, запропонувати своїм клієнтам те, що вони не зможуть знайти у конкурентів, можливість залучити й утримати увагу гурманів, бажання розширити уявлення аудиторії про продукт — це те, що спонукало мережу «МОРЕ ПИВА», яка успішно торгувала масовим пивом, почати розвиватися в цій ніші.

Бажання показати споживачам пиво з красивою і захоплюючою багатовіковою історією — напій, що заслуговує на повагу і потребує розуміння не менше, ніж віскі або вино, сприяло створенню «Гурман Меню» — спільного проєкту з FDB, до ексклюзивної лінійки якого увійшли 52 сорти пива, звареного в різноманітних стилях. Унікальність лінійки полягала в тому, що нове пиво з'являлося щотижня. До того часу новинки з такою частотою не вироблялися не лише в Україні, але й ніде у світі. Щоразу для пива придумували оригінальну назву й особливу легенду, пов'язану з його історією або характеристиками. Ця інформація, поряд з такими важливими даними, як густина, рівень алкоголю і склад хмелів, розміщувалась в інформаційних матеріалах, які були доступні споживачам. З часом для просування лінійки мережа почала знімати і викладати відеогляди, де розказувалося про стиль, в якому зварене пиво, про його смакові характеристики і правильність подачі, яка допомагає максимально розкрити смак.

Спочатку до проєкту було залучено 43 магазини мережі, поступово на прохання покупців їх кількість досягла 141. В кінці 2016 р. проєкт «Гурман Меню» завершився, проте клієнти не захотіли розлучатися з крафтовим пивом

від «МОРЕ ПИВА» і FDB. Тоді була запущена нова лінійка EMOTIONS, в межах якої у 2017 р. було вироблено 12 сортів пива. Нове пиво вироблялося щомісяця і за задумкою пивоварів віддзеркалювало певну позитивну емоцію: насолоду, любов, радість. Кількість бажаючих спробувати ці новинки постійно зростала, тому натеper вони наявні в усіх магазинах мережі. Проте рівень попиту був настільки великим, що в деяких торговельних мережах пиво розпродувалося за лічені години.

Поряд з тим залишалися й споживачі, які бачили у крафтовому пиві лише гарну рекламу та завищену ціну. Тому компанія «МОРЕ ПИВА» доклала зусиль для того, щоб люди навчились оцінювати пиво не лише з точки зору подобається/не подобається, а ще й з точки зору відповідності заявленому стилю, розуміючи, що смаки й особисті переваги для більшості споживачів завжди будуть на першому місці.

Нині серед клієнтів «МОРЕ ПИВА» набагато більше прихильників крафту, ніж тоді, коли починався проєкт «Гурман Меню». Перші успіхи мережі сприяли відкриттю у березні і травні 2016 р. в Дніпрі спеціалізованих магазинів крафтового пива Mcraft, де зібрано більше 150 сортів крафтового пива від відомих українських, американських та європейських брендів.

Досвід показує, що крафтове пиво залишається досить перспективною нішою. Зокрема, ТОВ «Уманьпиво» не лише для шанувальників в Україні, але й для споживачів Польщі, що так полюбили не тільки світлі сорти, але й оригінальні крафтові, розробило лінійку продукції під назвою «Уманський Червоний Ель» та «Уманське Темне». Продукція компанії — виключно високої якості. Підтвердженням цьому стало отримання сертифікату кошерності, тож компанія одразу отримала замовлення з Ізраїлю і найближчим часом здійснить перші відвантаження.

Протягом останніх років виробники крафтового пива почали освоювати одну з модних тенденцій світового крафту — бочкове пиво, коли процеси доброжування і тривалого дозрівання пива відбуваються не в металевому ЦКТ, а в дубових бочках з-під різного роду міцного алкоголю. Зокрема, бар-пивоварня «Лісопилка» використовує дубові бочки з-під бурбону для виготовлення Varvar Imperial Stout.

Висновки

З кожним роком виробникам пива доводиться стикатися з новими проблемами: це і підвищення акцизу, і зростаюча конкуренція, проте єдиним шляхом успішного функціонування залишається формування лояльності шанувальників пива до продукції задля задоволення та гарного настрою, а також дотримання стратегії підвищення якості роботи з виготовлення екологічно чистої, безпечної і навіть корисної продукції бродіння.

На жаль, в Україні не існує пивних традицій, якими може пишатися Німеччина, Британія, Чехія, Бельгія. Тож крафтове пивоваріння може стати традицією, що є необхідною умовою для зародження і розвитку пивної культури. Проте, аби стати традицією, крафтове пивоваріння повинно бути правильно розтлумачено, піднесено й усвідомлено суспільством.

Література

1. Гук П. Стратегии работы компаний в кризисе. *Продукты & ингредиенты*. 2016. № 5(124). С. 3.
2. Майовець Є. Маркетинг: теорія та методологія: навчальний посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 450 с.
3. Мондзолівська А. Найкраще пиво для гурманів. *Мир продуктів*. 2017. № 3(132). С. 46—47.
4. Самойленко Е. Крафтовое пиво — единство искусства и бизнеса. *Мир продуктів*. 2017. № 3(132). С. 40—41.
5. Селюк Л. Тренд на натуральність. *Продукты & ингредиенты*. 2016. № 3(122). С. 43.
6. Страшинська Л. В. Вплив споживчих переваг на формування маркетингових стратегій підприємств. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського*. Економічні науки. 2017. № 2(9). С. 48—53.
7. Танцы хмеля и солода. Обзор украинского рынка пива. *Мир продуктів*. 2017. № 3(132). С. 32—34.
8. Тенденции развития продуктового ритейла Украины: лето 2016. *Продукты & ингредиенты*. 2016. № 6(125). С. 44—46.
9. Two beer or not two beer? Мини-пивоварни как тренд пивоварения. *Мир продуктів*. 2017. № 3(132). С. 36—37.

TAXONOMICAL ESTIMATION OF THE ORGANIZATION OF LABOUR LEVEL AT THE ENTERPRISES OF MEAT PROCESSING INDUSTRY

O. Dragan

National University of Food Technologies

Key words:

Taxonomic analysis

Labor organization

Level

Indicators

Enterprise

Meat processing industry

Article history:

Received 10.10.2019

Received in revised form

21.10.2019

Accepted 15.11.2019

Corresponding author:

O. Dragan

E-mail:

eidragan@ukr.net

ABSTRACT

The application of taxonomical analysis method for the estimation of organization's labour level of the enterprise is investigated in the article. Moreover, it is necessary to investigate the dynamics of taxonomical index, on the basis of what conclusion was made in relation to the tendencies of organization's labour level of change during the period of 2010—2018.

Modern level of organization of labour on the majority of domestic enterprises of meat processing industry is low and substantially differs from analogical foreign companies. Substantial reduction of meat processing industry enterprises and reduction of production capacity for the period of 1990—2018 is influenced on the decline of organization's labour level of the enterprises. Indexes that characterize the organization's labour level on the enterprises of meat processing industry after the following directions, such as organizational, technological, resource were analysed. For realization of calculations the expert and graphic methods and taxonomical analysis were applied. For the achievement of certain goal, the graphic and analytical methods of statistics were applied, namely taxonomical analysis. For realization the estimation of organization's labour level, the basic indexes that characterize organization of labour taking into the account the specific features of meat processing industry enterprises were determined. The scientific novelty is in certain basic indexes that characterize the organization's labour level and application of taxonomy method for its estimation for the period of 2010—2018 with further improvement conclusions. Practical meaningfulness of the obtained results aims in the deep methodical approaches and development of the practical recommendations sent to provide the enterprises' efficiency of meat processing industry due to the increase in organization's labour level on the basis of taxonomical analysis application.

ТАКСОНОМІЧНА ОЦІНКА РІВНЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ М'ЯСОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

О. І. Драган

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено застосування методу таксономічного аналізу для оцінки рівня організації праці підприємства, а також динаміку таксономічного показника. Зроблено висновки щодо тенденцій зміни рівня організації праці за період 2010—2018 років.

Обґрунтовано, що сучасний рівень організації праці на більшості вітчизняних підприємств м'ясопереробної галузі є низьким і відрізняється від аналогічних зарубіжних компаній. Суттєве скорочення підприємств м'ясопереробної галузі та зменшення виробничої потужності за період 1990—2018 рр. вплинуло на зниження рівня організації праці підприємств. Проаналізовано показники, які характеризують рівень організації праці на підприємствах м'ясопереробної галузі за напрямками: організаційний, технологічний, ресурсний. Для проведення розрахунків застосовано експертний, графічний методи і таксономічний аналіз.

Для здійснення оцінки рівня організації праці визначено основні показники, які характеризують організацію праці з урахуванням специфічних особливостей підприємств м'ясопереробної галузі. Наукова новизна полягає у визначенні основних показників, що характеризують сучасний рівень організації праці; застосуванні методу таксономії для його оцінювання за період 2010—2018 рр. з обґрунтуванням висновків для подальшого його підвищення й удосконалення. Практична значимість отриманих результатів полягає у поглибленні методичних підходів і розробленні практичних рекомендацій, спрямованих на забезпечення ефективності підприємств м'ясопереробної галузі за рахунок підвищення рівня організації праці на підставі застосування таксономічного аналізу.

Ключові слова: таксономічний аналіз, організація праці, рівень, показники, підприємство, м'ясопереробна галузь.

Постановка проблеми. Сучасні умови глобалізації потребують проведення ефективного реформування вітчизняної економіки. Успіх економічних реформ великою мірою залежить від підвищення результативності діяльності вітчизняних підприємств. Одним із способів підвищення результативності діяльності є забезпечення високого рівня організації праці на підприємстві. Особливо це актуально для м'ясопереробної галузі, яка характеризується такими чинниками, як ресурсомісткість, високовитратність, наявність шкідливих, небезпечних і стресових факторів виробничого середовища, застосування понад 100 норм та нормативів, недостатній рівень механізації й автоматизації виробничих процесів, низький рівень оновлення обладнання, техніки, скорочення витрат на соціально-трудові заходи працівників тощо.

Сучасний рівень організації праці на більшості вітчизняних підприємствах суттєво відрізняється від прогресивного рівня аналогічних компаній Латвії,

Польщі, Німеччини, Австрії, Чехії, Ірландії, де працює більшість колишніх працівників галузі за дефіцитними професіями (обвальники, жилувальники, забійники худоби, фаршоукладачі тощо). Водночас акцентування уваги керівництва підприємств на забезпеченні високого рівня організації праці відповідає вимогам міжнародних стандартів ДСТУ ISO 22000, які повинні бути обов'язково впроваджені у діяльність підприємств згідно з чинним законодавством України. Тож питання забезпечення високого рівня організації праці на підприємствах галузі є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження проблем удосконалення організації праці підприємств завжди привертало увагу вчених. Теоретичні і методичні питання функціонування підприємств м'ясопереробної промисловості України знайшли своє відображення в наукових працях А. Бергер [1], К. Власової [2], М. Гладія [3], М. Сичевського [3], Г. Лисенко [4], О. Коваленко [4], А. Коляди [5], Т. Мостенської [6] та ін. Сучасні публікації висвітлюють проблеми, тенденції та аналізують сучасний стан підприємств м'ясопереробної галузі. Проте сьогодні набуває важливого значення вирішення питання удосконалення організації праці підприємств м'ясопереробної галузі.

Метою статті є дослідження рівня організації праці на сучасних підприємствах, визначення показників, якими він характеризується з урахуванням специфічних особливостей м'ясопереробної галузі, оцінка рівня організації праці на основі таксономічного аналізу та дослідження тенденцій його змін за період 2010—2018 років.

Викладення основних результатів дослідження. Організація праці — спосіб поєднання безпосередніх виробників із засобами виробництва з метою створення сприятливих умов для одержання високих кінцевих соціально-економічних результатів. Організація праці є об'єктивною необхідністю і невід'ємною складовою трудової діяльності людини, це приведення трудової діяльності до певної системи, що характеризується внутрішньою впорядкованістю, погодженістю та спрямованістю взаємодії людей для реалізації спільної програми або мети. Вона має сприяти вдосконаленню всіх процесів праці, виробничих структур для досягнення найвищої ефективності суспільного виробництва [7, с. 159].

Більшість науковців розглядають поняття «організація праці» як сукупність методів, заходів, спрямованих на впорядкування трудової діяльності, взаємодії людей у процесі праці в чітку та узгоджену раціональну систему для досягнення поставленої мети [1—7].

Заходи щодо удосконалення організації праці підприємства можна розподілити за такими напрямками: організаційний, технологічний і ресурсний.

Організаційний напрям передбачає пошук можливостей підвищення рівня організації праці за рахунок підвищення ефективності виробничих процесів, що відбуваються на підприємстві.

Технологічний напрям передбачає пошук можливостей підвищення рівня організації праці за рахунок впровадження нової техніки, обладнання, удосконалення робочих місць тощо.

Ресурсний напрям передбачає пошук можливостей підвищення рівня організації праці за рахунок застосування ресурсозберігаючих технологій, комплексного перероблення сировини, використання сировини і матеріалів.

За даними Національної асоціації виробників м'яса та м'ясопродуктів України «Укрм'ясо», м'ясопереробну галузь у продовольчій системі України в 1990 р. представляли 152 підприємства в 25 обласних центрах потужністю від 50 т до 200 т м'яса за зміну, а в кожному районному центрі — від 15 до 50 т м'яса за зміну. Нині в Україні функціонує близько 40 підприємств середньої потужності (від 15 до 50 т м'яса за зміну) та понад 1 тис. малих підприємств і цехів, які виробляють від 100 кг до 2 т м'ясної продукції за зміну. Тож виробничі потужності з переробки м'яса за період з 1990 р. зменшилися майже вдвічі [3, с. 6].

Скорочення кількості м'ясопереробних підприємств і зниження виробничої потужності за 1990—2018 рр. вплинуло на зниження рівня організації праці підприємств. Адже високий рівень організації праці можуть забезпечити тільки великі і середні підприємства м'ясопереробної галузі, які впроваджують інновації, сучасне обладнання і техніку, технологічні процеси, лабораторії, слідкують за умовами праці та якістю виробничого середовища.

У результаті аналізу наукових здобутків запропоновано показники, які характеризують рівень організації праці на підприємствах м'ясопереробної галузі за напрямками (табл. 1).

Для проведення дослідження обрано ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» яке є сучасним підприємством з передовими технологіями виробництва м'ясних і ковбасних виробів. Основним акціонером товариства є компанія «OSI International Holding GmbH» (Німеччина). Асортимент продукції ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» складає понад 50 найменувань напівфабрикатів і більш як 60 найменувань ковбасних виробів. На підприємстві впроваджено та сертифіковано систему безпечності харчових продуктів згідно з вимогами ISO 22000:2005 і систему екологічного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 14001:2015 [8].

Таблиця 1. Показники, які характеризують рівень організації праці на підприємствах м'ясопереробної галузі за напрямками

№	Напрями удосконалення організації праці	Показники
1	2	3
1.	Організаційний	Коефіцієнт змінності роботи технологічного обладнання. Рівень спеціалізації виробництва. Укомплектованість штатного розкладу підприємств. Питома вага основних виробничих робітників у загальній чисельності робітників. Коефіцієнт плинності кадрів. Коефіцієнт частоти травматизму. Коефіцієнт ритмічності виробничих процесів. Темпи зростання продуктивності праці. Коефіцієнт організації робочих місць. Темпи зростання оплати праці працівників.

Подовження таблиці 1.

1	2	3
2.	Технологічний	Рівень механізації виробничих процесів. Рівень автоматизації виробничих процесів. Рівень прогресивності технологічних процесів. Рівень оновлення техніки, обладнання. Фондоозброєність робітників підприємства. Коефіцієнт зносу основних виробничих засобів. Середній вік обладнання.
3.	Ресурсний	Коефіцієнт матеріаловіддачі. Рівень утилізації відходів. Рівень витрат сировини на одиницю продукції. Питома вага матеріальних витрат у загальних витратах підприємства. Коефіцієнт матеріаломісткості. Коефіцієнт використання сировини і матеріалів. Коефіцієнт енергоозброєності. Коефіцієнт ресурсомісткості.

Аналіз основних економічних показників рентабельності ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» за 2010—2018 рр. свідчить про досягнення високих результатів та економічну стабільність підприємства (табл. 2). Водночас питання удосконалення організації праці ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» у різних напрямках залишається актуальним і вимагає постійного контролю з боку керівництва підприємства.

Таблиця 2. Економічна ефективність ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» за 2010—2018 роки, розраховано на підставі [8; 9]

№ з/п	Рік	Темпи зростання чистого доходу від реалізації продукції	Темпи зростання вартості основних виробничих засобів	Темпи зростання чисельності працюючих	Коефіцієнт рентабельності продукції
1	2010	1,2	1,24	0,88	0,19
2	2011	2,37	1,4	0,87	0,11
3	2012	2,77	1,39	0,91	0,19
4	2013	1,58	1,37	0,91	0,18
5	2014	1,75	1,44	0,9	0,14
6	2015	2,88	1,85	0,78	0,17
7	2016	3,64	2,03	0,8	0,2
8	2017	5,31	2,13	0,85	0,14
9	2018	6,35	2,33	0,88	0,15

Експертним методом визначені основні показники, що характеризують рівень організації праці на ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат»: темпи зростання фондоозброєності праці; питома вага матеріальних витрат у загальних витратах підприємства; коефіцієнт механізації виробничих процесів; темпи зростання продуктивності праці; коефіцієнт оновлення основних виробничих засобів; темпи зростання фонду заробітної плати; коефіцієнт матеріаловіддачі.

Для оцінки рівня організації праці на ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» використано сучасний таксономічний підхід. Отже, інформацію про особливості

розподілу багатомірної випадкової величини, які відносяться до поняття спектра розподілу, можна отримати за допомогою таксономічних методів. Для проведення таксономічної оцінки рівня організації праці потрібно виконати такі дії [10; 11, с. 250—254]:

- формування матриці спостережень;
- стандартизація значення матриці спостережень;
- формування вектор-еталону;
- визначення відстані між спостереженнями та вектором-еталоном;
- визначення таксономічного показника.

При побудові таксономічного показника застосовується матриця даних, складена із стандартизованих реалізацій ознак. Стандартизація дає змогу позбутися одиниць виміру (як натуральної, так і вартісної). Одночасно відбувається вирівнювання дисперсії (кожна дисперсія дорівнює одиниці), а також значення ознак (усі середні арифметичні дорівнюють нулю), що небажано, оскільки через це кожна ознака в однаковій мірі впливає на результати аналізу. Тому в деяких випадках встановлюють ієрархію ознак, використовуючи відповідні коефіцієнти ієрархії, диференційні ознаки за їхньою важливістю для дослідження. Коефіцієнти визначаються на основі якісного аналізу чи за допомогою відповідних методів [10; 11, с. 250—254].

У табл. 3 наведено дані для розрахунку таксономічного показника рівня організації праці ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» за 2010—2018 роки.

Таблиця 3. Вихідні дані для розрахунку таксономічного показника рівня організації праці ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» за 2010—2018 рр., розраховано на підставі [8; 9]

№ з/п	Рік	Темпи зростання фондоозброєності праці	Питома вага матеріальних витрат у загальних витратах підприємства	Коефіцієнт механізації виробничих процесів	Темпи зростання продуктивності праці	Коефіцієнт оновлення основних виробничих засобів	Темпи зростання фонду заробітної плати	Коефіцієнт матеріаловіддачі
1	2010	1,36	0,78	0,72	1,10	0,81	1,03	1,34
2	2011	1,60	0,70	0,72	1,03	0,81	1,46	1,40
3	2012	1,51	0,78	0,71	0,74	0,77	1,63	1,32
4	2013	1,51	0,77	0,69	0,76	0,74	1,57	1,36
5	2014	1,59	0,87	0,70	0,92	0,71	1,72	1,21
6	2015	2,35	0,87	0,69	1,16	0,73	2,31	1,22
7	2016	2,51	0,81	0,71	1,43	0,72	2,98	1,35
8	2017	2,50	0,87	0,72	1,67	0,69	4,33	1,23
9	2018	2,53	0,82	0,72	1,91	0,68	5,33	1,29

Примітка: **Темпи зростання розраховані до базового 2009 року.

Етап 1. Формування матриці спостережень (X), яка має такий вигляд:

	1,36	0,78	0,72	1,10	0,81	1,03	1,34
	1,60	0,70	0,72	1,03	0,81	1,46	1,40
	1,51	0,78	0,71	0,74	0,77	1,63	1,32
	1,51	0,77	0,69	0,76	0,74	1,57	1,36
$X=$	1,59	0,87	0,70	0,92	0,71	1,72	1,21
	2,35	0,87	0,69	1,16	0,73	2,31	1,22
	2,51	0,81	0,71	1,43	0,72	2,98	1,35
	2,50	0,87	0,72	1,67	0,69	4,33	1,23
	2,53	0,82	0,72	1,91	0,68	5,33	1,29

Етап 2. Стандартизація значень елементів матриці спостережень. Для цих показників стандартизація не потрібна, адже значення однакового формату.

Етап 3. Ознаки розділені на стимулятори та дестимулятори. Така процедура є основою для побудови вектора-еталона. Елементи цього вектора мають координати X_{oi} та формуються із визначених показників за формулою:

$$\begin{cases} X_{oi} = \max X_{ij} \text{ (для показників — стимуляторів)} \\ X_{oi} = \min X_{ij} \text{ (для показників — дестимуляторів)} \end{cases} \quad (1)$$

$P_0 = (+, +, +, +, +)$, де X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 — стимулятор.

У цьому прикладі дестимуляторів немає. Отже, для ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» координати вектора-еталона такі:

$P_0 = (1,15; 1,08; 0,88; 1,78; 1,47; 1,95; 1,43)$.

Етап 4. Визначаємо відстань між фактичним показником рівня використання робочого часу та вектором-еталоном. Відстань між початковою точкою і точкою P_0 розраховується за формулою:

$$C_{io} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Z_{ij} - Z_{oj})^2}, \quad (2)$$

де Z_{ij} — стандартизоване значення j -го показника в період часу i ; Z_{oj} — стандартизоване значення j -го показника за еталонним значенням.

$C_{i02010} = 4,60$; $C_{i02011} = 4,88$; $C_{i02012} = 4,89$; $C_{i02013} = 5,46$; $C_{i02014} = 5,48$;

$C_{i02015} = 4,18$; $C_{i02016} = 3,13$; $C_{i02017} = 3,65$; $C_{i02018} = 3,28$.

Ці результати є основою розрахунку показника рівня організації праці.

Етап 5. Визначено таксономічний показник рівня використання організації праці. Для цього розраховано такі показники за формулами:

$$\overline{C_o} = \frac{4,60 + 4,88 + 4,89 + 5,46 + 5,48 + 4,18 + 3,13 + 3,64 + 3,28}{9} = 4,47; \quad (3)$$

$$S_o = \sqrt{\frac{1}{m} \sum (C_{oi} - \overline{C_o})^2}; \quad (4)$$

$$C_o = \overline{C_o} + 2S_o; \quad (5)$$

де $S_o = 0,89$; $C_o = 4,47 + 2 \cdot 0,89 = 6,25$.

Розрахунки таксономічного показника рівня організації праці ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» за 2010—2018 рр. наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Показники для розрахунку таксономічного показника рівня організації праці ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» за 2010—2018 роки

Рік	$d_i = \frac{C_{io}}{C_o}$	$Ki = 1 - d_i$
2010	0,74	0,26
2011	0,78	0,22
2012	0,78	0,22
2013	0,87	0,13
2014	0,88	0,12
2015	0,77	0,23
2016	0,50	0,50
2017	0,58	0,42
2018	0,52	0,48

Динаміка зміни коефіцієнта таксономії та, відповідно, рівня організації праці підтверджує, що найвищим цей показник був у 2018 році. Для наочності сформуємо графік динаміки змін інтегрального показника організації праці (рис.).

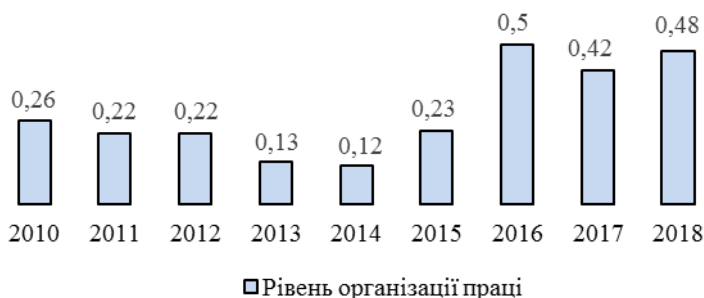


Рис. Динаміка таксономічного показника рівня організації праці ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» за 2010—2018 роки

Отже, коефіцієнт таксономії в ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат» коливається за аналізовані періоди, чим більше наближається показник до одиниці, тим вищий показник рівня організації праці. Тож у 2018 р. показник максимальний за рахунок наближених значень ознак до еталону, в 2013 р. та 2014 р. коефіцієнт найменший у зв'язку з відмінністю від еталону.

Пояснити мінімальні значення коефіцієнта таксономії рівня організації праці (в 2013 р. та 2014 р.) можна пояснити тим, що саме в ці роки відбувається зниження обсягів виробництва продукції, матеріаловіддачі, застосування комплексного перероблення сировини на підприємстві.

Максимальний показник рівня організації праці можна пояснити тим, що показники організації праці в 2018 р. найкращі. Це пояснюється зосередженням уваги керівництва підприємства на питаннях технічного оснащення, ви-

робничої безпеки, механізації виробничих процесів згідно із впровадженими стандартами ДСТУ ISO 22000:2007 «Система управління безпечністю харчових продуктів» і ДСТУ ISO 14001:2015 «Система екологічного управління».

Висновки

На сучасному етапі виникла необхідність подальшого поглиблення теоретико-методичних засад і розробки практичних рекомендацій, спрямованих на забезпечення ефективності підприємств м'ясопереробної галузі за рахунок підвищення рівня організації праці. Основні фактори, що впливають на організацію праці, повинні бути удосконалені, розглянуті з нових точок зору із впровадженням сучасних науково-практичних розробок з організації виробництва, технологій ресурсозбереження, концепцій управління якістю, управління безпечністю харчових продуктів та екологічного управління.

Література

1. Бергер А. Д. Сучасні тенденції розвитку м'ясопереробної галузі України *Інтелект XXI*. 2017. № 1. С. 41—51.
2. Власова К. М. Тенденції та перспективи розвитку м'ясопереробної галузі України в умовах поглиблення інтеграції торгівлі з ЄС. *Бізнес-Інформ*. 2016. № 5. С. 32—39.
3. Гладій М. В., Сичевський М. П. Функціонування м'ясопереробної галузі України в глобальній продовольчій системі *Вісник аграрної науки*. 2018. № 5(782). С. 5—11.
4. Коляда А. Л. Аналіз сучасного стану м'ясопереробної галузі України *Статистика України*. 2016. № 1. С. 66—71.
5. Лисенко Г. П., Коваленко О. В. М'ясопереробний комплекс України: сучасний стан та перспективи розвитку. Ін-т прод. ресурсів. Київ: ННЦ «іАЕ», 2015. 63 с.
6. Організація виробництва на підприємствах харчової промисловості: підручник / І. А. Бойко, І. М. Болотіна та ін.; за заг ред. Т. Л. Мостенської. Київ: Кондор-Видавництво, 2012. 492 с.
7. Словник термінів з економіки праці та соціально-трудових відносин / О. В. Безпалько, Ю. М. Гринюк, Д. Г. Грищенко та ін. Київ: Кафедра, 2015. 120 с.
8. Офіційний сайт ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат». URL: <https://kpp.org.ua> (дата звернення 12.09.2019)
9. Бази даних підприємств: URL: <https://smida.gov.ua/db> (дата звернення: 12.09.2019).
10. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях; пер. с польск. М.: Статистика, 1980. 151 с.
11. Економіко-математичні методи і моделі в галузі управління персоналом: навчальний посібник; За ред. Л. В. Мазник. Київ: Кафедра, 2019. 278 с.
12. Dragan O., Berher A. Methodology of estimation of system efficiency of personnel management on the enterprises of meat processing industry *Ukrainian Journal of Food Science*. 2016. Volume 4, Issue 2. P. 350—359.

УДК 658.012.32:637.5

METHODOICAL APPROACH TO THE FORMING OF CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY OF MEAT PROCESSING ENTERPRISES

A. Berher

National University of Food Technologies

Key words:

*Corporate social
responsibility
Enterprise
Components
Factors
Integral indicator
Matrix
Meat processing industry*

Article history:

Received 10.10.2019
Received in revised form
21.10.2019
Accepted 13.11.2019

Corresponding author:

A. Berher
E-mail:
alinaberger2016@
gmail.com

ABSTRACT

The essence of definition “corporate social responsibility”, existent of theoretical approaches to the opening of this concept were analysed in the article. The experience of corporate social responsibility (CSR) introduction on private joint-stock enterprise “Myronivsky hliboprodukt” that has two meat processing enterprises was researched. The company is directed in accordance with the mission on implementation of basic priorities of CSR: “Our people”, “Anxiety about animals”, “Steady development”, “Guard of environment”.

Summarizing scientific achievements of primary purposes of CSR after directions (economic, social, and ecological) for the enterprises of meat processing industry were offered. Certain basic factors that form CSR of meat processing enterprise were defined. Scientific achievements in relation to determination of enterprise’s CSR structure were generalized. 15 indexes that characterize the constituents of CSR of the enterprises of meat processing industry were described: economic, social and ecological. The algorithm of calculation of CSR constituent of the enterprise was offered. The methodical approach to the estimation of CSR, that is based on the calculation of CSR integral index on the basis of its constituents with the help of which it can be seen the positive or negative tendencies in strategic development of the enterprise was worked out.

The matrix of strategic variants choice of CSR forming of the enterprise in relation to levels: zero, initial, higher and support level, improvement and defence was offered. For every level the events for further development of the stages of CSR forming of the enterprise of meat processing industry were developed. The question of methodical approach approbation on the materials of the enterprises of meat processing industry is unexplored.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-6-7

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ КОРПОРАТИВНОЇ СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ М'ЯСОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

А. Д. Бергер

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано сутність дефініції «корпоративна соціальна відповідальність» та узагальнено існуючі теоретичні підходи до розкриття цього поняття. Досліджено досвід впровадження корпоративної соціальної відповідальності (КСВ) на ПАТ «Миронівський хлібопродукт», якому підпорядковуються два м'ясопереробні підприємства. Компанія спрямована, відповідно, до місії на виконання основних пріоритетів КСВ: «Наші люди», «Турбота про тварин», «Сталий розвиток», «Охорона довкілля».

Визначено основні цілі КСВ за напрямками (економічна, соціальна, екологічна) для підприємств м'ясопереробної галузі, та основні чинники, що формують КСВ м'ясопереробного підприємства. Узагальнено наукові погляди на визначення структури КСВ підприємства. Обґрунтовано 15 показників, що характеризують складові КСВ підприємств м'ясопереробної галузі: економічну, соціальну й екологічну. Запропоновано алгоритм розрахунку складової КСВ підприємства. Розроблено методичний підхід до оцінки КСВ, що базується на розрахунку інтегрального показника КСВ на підставі його складових, за допомогою якого можна простежити за позитивними або негативними тенденціями у стратегічному розвитку підприємства.

Запропоновано матрицю вибору стратегічних варіантів формування КСВ підприємства стосовно рівнів: нульовий, початковий, вищий і рівень підтримки, удосконалення й захисту. Для кожного рівня розроблені заходи для подальшого розвитку етапів формування КСВ підприємства м'ясопереробної галузі. Недослідженим залишається питання апробації методичного підходу на матеріалах підприємств м'ясопереробної галузі.

Ключові слова: *корпоративна соціальна відповідальність, підприємство, складові, чинники, інтегральний показник, матриця, м'ясопереробна галузь.*

Постановка проблеми. В умовах глобалізації та посилення євроінтеграційних процесів запровадження концепції корпоративної соціальної відповідальності в діяльність підприємств має вагоме значення. Відомі світові компанії розглядають корпоративну соціальну відповідальність як інвестицію у майбутнє, що сприяє зростанню оцінки компанії суспільством, формуванню позитивного іміджу організації, підвищенню інтересів інвесторів, поліпшенню взаємовідносин із партнерами, зацікавленими сторонами, громадськістю та місцевою владою, покращенню мотивації, стимулюванню та продуктивності працівників. Інвестиційно-фінансова успішність підприємства залежить безпосередньо від високих стандартів ведення бізнесу у всіх його напрямках. Досягнення позитивного довготермінового результату є можливим при врахуванні інтересів як безпосередньо споживачів, так і працівників, партнерів, інвесторів, акціонерів, місцевих громад та інших зацікавлених сторін, які

мають постійну взаємодію з підприємствами. Саме тому соціальна відповідальність бізнесу має стати важливим аспектом діяльності підприємств м'ясопереробної галузі. Як свідчить практика, вітчизняні підприємства м'ясопереробної галузі знаходяться на початковій стадії формування корпоративної соціальної відповідальності власної діяльності. Отже, дослідження питання перетворення підприємств м'ясопереробної галузі згідно з концепцією КСВ на соціально відповідальні є актуальним і цікавим з наукової точки зору завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні і методичні підходи до формування КСВ у харчовій промисловості розкрито в дослідженнях таких вчених, як Т. Березянюк [1], А. Гребеннікова [2], О. Грішнова [3], Г. Мішук [3], О. Олійник [3], О. Дерев'янюк [4], А. Колот [5], О. Попадюк [6], С. Сардак [7], А. Сімакова [7] та ін. Проте увага дослідників, здебільшого, зосереджена на з'ясуванні сутності дефініції «корпоративна соціальна відповідальність», визначенні її складових, дослідженні середовища підприємств, чинників впливу тощо. Водночас недостатньо дослідженими залишаються питання визначення наповнення складових корпоративної соціальної відповідальності, показників, які її характеризують на підприємствах м'ясопереробної галузі.

Метою статті є аналіз існуючого вагомого наукового доробку з питань формування корпоративної соціальної відповідальності та розроблення методичного підходу до оцінки її інтегрального показника за показниками, характерними для функціонування підприємств м'ясопереробної галузі.

Викладення основних результатів дослідження. Останнім часом в Україні стало модним бути соціально відповідальною компанією. Термін «соціально відповідальна компанія» пов'язаний з категорією «корпоративна соціальна відповідальність», або «соціальна відповідальність бізнесу», що передбачає поєднання інтересів компанії, персоналу, громадськості, місцевої влади та інших зацікавлених сторін у вирішенні проблем економіки, соціального розвитку й екології.

Категорія «корпоративна соціальна відповідальність» у літературі розглядає як:

- свідоме ставлення суб'єктів господарської діяльності до вимог соціальної необхідності, соціальних завдань, морально-етичних норм і цінностей, розуміння наслідків своєї діяльності для суспільства, держави, споживачів, ділових партнерів та своїх працівників (*проект «Стратегії сприяння розвитку соціальної відповідальності бізнесу в Україні на період до 2020 року»*);

- інтеграція соціальних та екологічних аспектів у щоденну комерційну діяльність підприємств та їхня взаємодія із зацікавленими сторонами на добровільній основі (*Зелена книга Європейського Союзу*);

- довгострокове зобов'язання компаній поводитися етично та сприяти економічному розвитку, одночасно покращуючи якість життя працівників та їхніх родин, громади й суспільства загалом (*Світова рада бізнесу зі сталого розвитку*);

- досягнення комерційного успіху засобами, які передбачають дотримання моральних цінностей та повагу до людей, спільнот і навколишнього середовища;

- сприяння відповідальній діловій практиці, яка дає вигоду бізнесу та суспільству і допомагає досягти соціального, економічного й екологічного розвитку через максимальне збільшення позитивного впливу бізнесу на суспільство з одночасною мінімізацією його негативного впливу (*Міжнародний форум лідерів бізнесу*);

- зобов'язання бізнесу сприяти усталеному економічному розвитку, працюючи з робітниками, їхніми сім'ями, місцевою громадою та суспільством у цілому для поліпшення якості їхнього життя (*Всесвітня ділова рада за сталий розвиток*);

- відповідальність організації за вплив її рішень і діяльності на суспільство та навколишнє середовище через прозору й етичну поведінку (*концепція Стандарту DCTV ISO 26000*).

У більшості країн ЄС розроблені та функціонують державні програми підтримки і стимулювання КСВ, в яких держава визначає соціально відповідальну поведінку для бізнесу, долучає компанії приватного і державного секторів до спільного виконання соціально важливих завдань, стимулює бізнес до соціально відповідальної діяльності. Відповідно до європейської практики КСВ поширюється на сім напрямків [8]:

- дотримання прав людини;
- дотримання вимог законодавства;
- ділова та корпоративна етика;
- захист навколишнього природного середовища;
- співпраця із зацікавленими сторонами: співробітниками, споживачами, акціонерами, громадою, суб'єктами господарювання;
- дотримання міжнародних норм поведінки; прозорість і підзвітність.

Дослідники соціальної відповідальності бізнесу виділяють три рівні визначення корпоративної соціальної відповідальності [9, с. 203]. Так, *базовий рівень* — передбачає сплату податків компаніями у повному обсязі, що надходять до бюджету і розподіляються на соціальні програми, заходи. *Корпоративний рівень* — передбачає сплату економічно обґрунтованої гідної зарплати персоналу, що дає змогу людині витратити гроші на підтримку свого здоров'я, освіту, культуру. *Вищий рівень* — передбачає проведення компаніями заходів благодійності, соціальних програм, що свідчать про відкритість бізнесу для громадськості, стейкхолдерів.

Станом на 01.01.2019 тільки 40 компаній України запровадили вищий рівень КСВ, з них 7 — харчові підприємства: ПрАТ «Оболонь», ТзОВ «Гудвеллі Україна», ПАТ «Карлсберг Україна», ТОВ «Кернел-трейд», ТОВ «Нестле», ПАТ «Миронівський хлібокомбінат», ТОВ «Кока-Кола-Україна Лімітед» [6, с. 56].

Серед позитивних якостей впровадження програм КСВ підприємств харчової промисловості можна виокремити:

1) покращення ефективності виробничої діяльності шляхом пошуку способів зменшення забруднення атмосфери та пристосування виробництва до екологічних, технологічних, санітарних норм і стандартів;

2) підвищення репутації підприємства, що зменшує ризики від можливої втрати ринків і збільшує ймовірність доступу до нових перспективних ринків завдяки покращенню іміджу компаній;

З) збільшення можливості залучення інвесторів шляхом етичного інвестування, із застосуванням етичних мотивів та етичної стратегії ведення бізнесу [10, с. 136].

Єдина компанія, діяльність якої безпосередньо пов'язана із м'ясопереробною галуззю, — ПАТ «Миронівський хлібокомбінат» (МХП), у структурі якої є Миронівський м'ясопереробний завод «Легко» і ПрАТ «Український бекон». Ці підприємства акредитовані згідно з BRC Food Safety (Міжнародний стандарт безпечності харчових продуктів) і FSSC 22000:2015 (Схема сертифікації безпечності харчових продуктів) [11].

На сайті компанії ПАТ «Миронівський хлібокомбінат» зазначається, що у блоці «Корпоративна відповідальність» виділено чотири пріоритети [11].

«*Наші люди*» передбачає, що компанія ПАТ «Миронівський хлібокомбінат» як один із найбільших роботодавців України прагне створювати для своїх співробітників безпечні умови праці, сприяючи розвитку їхніх робочих навичок, допомагає з житлом і дошкільними освітніми закладами, турбується про здоров'я і добробут у цілому.

«*Турбота про тварин*» — невід'ємна частина виробництва компанії, яка передбачає відповідальне ставлення до догляду за тваринами, створення їм комфортних та безпечних умов утримання.

«*Сталий розвиток*» включає розвиток місцевих громад регіонів, і перманентний діалог МХП з їхніми представниками.

«*Охорона довкілля*» передбачає використання МХП новітнього обладнання та технології з метою ефективного виробництва та мінімізації впливу на навколишнє середовище.

Чинники, що сприяють розвитку КСВ м'ясопереробного підприємства (рис. 1).

Корпоративна соціальна відповідальність співвідноситься з економічними, екологічними, соціальними й етичними аспектами та сприяє забезпеченню сталого стратегічного розвитку підприємства. Отже, головною метою концепції КСВ є розвиток суспільства за рахунок добровільної участі бізнесу в соціальній, економічній й екологічній сферах, пов'язаних з діяльністю і досягненням стратегічних цілей підприємства та обов'язкового впровадження в діяльність стандарту ДСТУ ISO 26000:2009 «Система управління соціальною відповідальністю».

Економічною метою концепції КСВ є досягнення комерційних успіхів на підставі: відкритості і прозорості діяльності; стабільності у відносинах з партнерами, постачальниками, замовниками; врахування запитів споживачів; впровадження міжнародних стандартів ДСТУ ISO 9001:2015 «Система управління якістю», ДСТУ ISO 22000:2007 «Система управління безпекою харчових продуктів»; розроблення інновацій; застосування нових технологій «ресурсозбереження», «дбайливого виробництва»; вдосконалення виробничих процесів; постійного підвищення якості продукції, смакових якостей, дизайну пакування; публічної доступності до річної звітності, новин про підприємство на вебсторінках компаній.

Екологічною метою концепції КСВ є мінімізація впливу на навколишнє середовище за рахунок: впровадження стандартів ДСТУ 14001:2015 «Система екологічного керування»; постійного контролю й аналізу впливу виробничих чинників на навколишнє середовище; вдосконалення технологій відповідно до екологічних аспектів; безпечної утилізації відходів виробництва; скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами; вивезення твердих побутових відходів; виховання екологічної свідомості у співробітників підприємства.

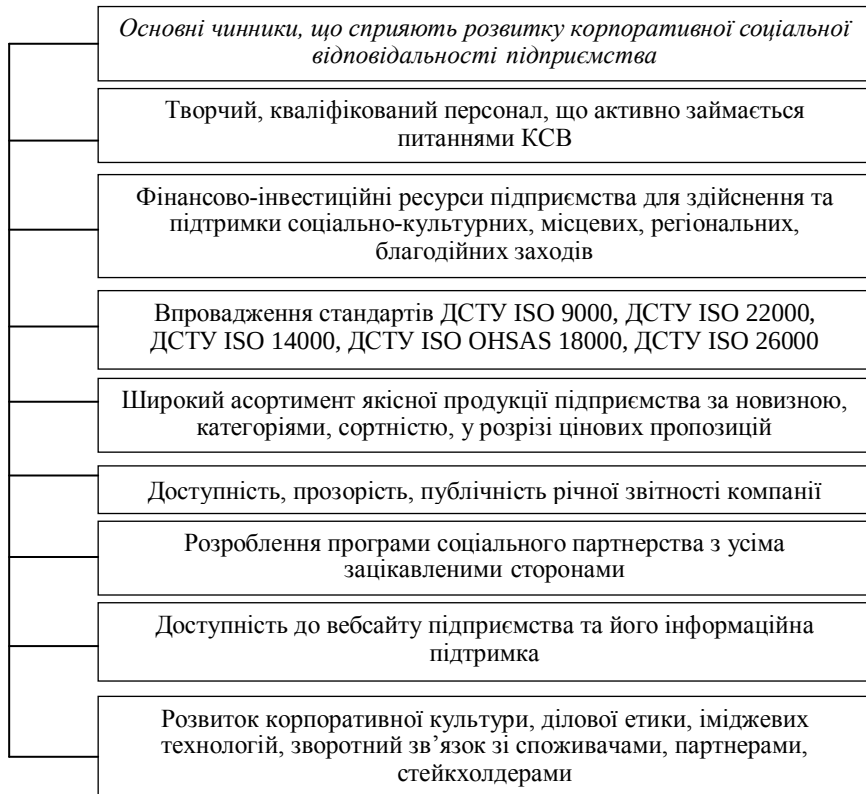


Рис. 1. Основні чинники, що сприяють розвитку КСВ підприємства

Соціальною метою концепції КСВ є розвиток людського потенціалу та активна участь у вирішенні соціальних проблем громадськості, суспільства і регіону за рахунок: впровадження міжнародного стандарту ДСТУ OHSAS 18001:2010 «Система управління гігієною та безпекою праці»; створення нових робочих місць; формування умов для забезпечення самореалізації і професійної майстерності; участі в соціальних, благодійних програмах; меценатства і спонсорської допомоги; зростання мотивації й забезпечення гідних умов праці робітників; постійного підвищення рівня кваліфікації персоналу; надання профілактичного лікування, розвитку соціальної сфери; вдосконалення соціа-

льного пакета; отримання додаткової професійної освіти; розроблення прогресивних креативних програм розвитку персоналу.

Узагальнення наукових поглядів на визначення структури КСВ дало змогу виявити його основні складові [1—7]: економічну, екологічну, соціальну. Показники, що характеризують КСВ підприємства м'ясопереробної галузі з метою її оцінки, наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Показники, що характеризують складові корпоративної соціальної відповідальності підприємства м'ясопереробної галузі

Складові КСВ	Показники, які характеризують складову
Соціальна (С)	1) Індекс продуктивності праці
	2) Індекс середньої річної заробітної плати працівників
	3) Коефіцієнт плинності кадрів
	4) Рівень доплат, у тому числі, за шкідливі умови праці
	5) Індекс витрат на соціально-культурні заходи, у тому числі і соціальний пакет працівників
Економічна (Ек)	1) Індекс рентабельності підприємства
	2) Індекс обсягів сплати податків і зборів
	3) Індекс фінансової стійкості
	4) Індекс оновлення основних виробничих засобів
	5) Індекс рекламаций, скарг на продукцію
Екологічна (Ег)	1) Індекс витрат на природоохоронні та ресурсозберігаючі заходи
	2) Індекс сплати екологічного податку
	3) Індекс кількості перевірок, здійснених екологічною лабораторією
	4) Індекс обсягів відходів, ліквідованих за небезпечною технологією
	5) Рівень обсягів шкідливих викидів у атмосферне повітря від стаціонарних джерел

Запропоновані показники, що характеризують складові КСВ, дають змогу розробити методичний підхід до оцінки КСВ за допомогою інтегрального показника. Складову КСВ пропонується розраховувати за формулою:

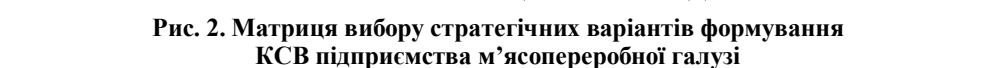
$$C_i = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5) / 5. \quad (1)$$

Інтегральний показник КСВ (ІКСВ) за його складовими пропонується розраховувати за формулою:

$$ІКСВ = \sqrt[3]{C \cdot Ек \cdot Ег}. \quad (2)$$

За допомогою інтегрального показника КСВ можна визначити слабкі місця, а також виявити нереалізовані можливості для підвищення ефективності діяльності м'ясопереробного підприємства та покращення його іміджу.

Стратегічні варіанти дають змогу підприємству прогнозувати, розробляти і впроваджувати різні сценарії формування КСВ. Матриця стратегічних варіантів КСВ зображена на рис. 2. Вибір стратегічного варіанта формування КСВ залежить від сучасного стану та рівня розвитку підприємства і переліку чинників формування КСВ, яке може забезпечити підприємство на перспективу.



Запропонований методичний підхід до оцінки інтегрального показника КСВ дає змогу простежити за позитивними або негативними тенденціями у стратегічному розвитку підприємства та вимагає подальшої апробації на матеріалах підприємств м'ясопереробної галузі. Аналіз відкритої публічної інформації про діяльність підприємств свідчить про перші кроки на шляху до впровадження КСВ у м'ясопереробній галузі. Так, більшість великих компаній впровадили у свою діяльність поширені стандарти ДСТУ ISO 9000 і ДСТУ ISO 22000, які сприяють їхнім комерційним успіхам. І тільки дехто з них запровадив стандарти ДСТУ ISO OHSAS 18000, ДСТУ ISO 14000, які забезпечують вирішення питань у соціальній і екологічній сферах всіх зацікавлених сторін. Заслуговує на увагу поширення досвіду формування корпоративної соціальної відповідальності і ведення соціальної звітності ПАТ «Миронівський хлібопродукт» на рівні асоціацій м'ясопереробної галузі України.

1. Березянюк Т. В. Євроінтеграційний шлях розвитку національної оліє-жирової галузі: Монографія. Київ: Кондор-Видавництво, 2014. 432 с.
2. Гребеннікова А. А. Соціальна відповідальність аграрного бізнесу в Україні. *Ефективна економіка*. 2017. № 12. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6001>.

3. Грішнова О. А., Міщук Г. Ю., Олійник О. О. Соціальна відповідальність у трудових відносинах: теорія, практика, регулювання ризиків: монографія. Рівне. НУВГП, 2014. 216 с.
4. Дерев'янюк О. Г. Залученість споживачів до формування репутації вітчизняних підприємств харчової промисловості. *Бізнес інформ: наук. журн.* ХНЕУ; Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України. Х., 2015. № 2. С. 260—271.
5. Колот А. М. Корпоративна соціальна відповідальність і проблеми її сприйняття суспільством *Соціально-трудові відносини: теорія та практика: збірник наукових праць.* 2013. Вип. 2(6). С. 6—14.
6. Попадюк О. В. Аналіз організаційно-інституційного середовища функціонування систем соціальної відповідальності підприємств харчової промисловості в Україні *Український журнал прикладної економіки.* Тернопіль, 2018. Т. 3. № 2. С. 54—58.
7. Sardak S., Simakhova A. Potential of economy socialization in the context of globalization *Economic Annals-XXI.* 2017. № 164(3—4). P. 4—8.
8. Стратегія сприяння розвитку соціальної відповідальності бізнесу в Україні на період до 2020 року. URL: http://www.svb.org.ua/sites/default/files/201309_strategiya_spriyannya_rozvitku_svb_v_ukrayini.pdf. (дата звернення: 14.09.2019).
9. Затеїщикова О. О. Етапи формування стратегії соціальної відповідальності бізнесу. *Бізнес Інформ.* 2014. № 2. С. 200—205.
10. Панюк Т. Управління персоналом переробних підприємств в контексті соціальної відповідальності бізнесу *Вісник Тернопільського Національного економічного університету.* 2016. № 2. С.133—141.
11. Офіційний сайт компанії ПАТ «Миронівський хлібопродукт». URL: <https://mhp.com.ua/uk/responsibility> (дата звернення: 18.09.2019).
12. Шири Н. О, Іващенко А. І. Напрями впровадження системи корпоративної соціальної відповідальності в практику українських підприємств *Ефективна економіка.* 2013. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2502>.

DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION OF MEAT MILLED SEMI-FINISHED PRODUCTS UNDER INFRARED HEATING IN THE GAS MEDIUM

I. Babanov, E. Babanova

National University of Food Technologies

V. Mykhaylov, I. Babkina, A. Shevchenko, S. Prasol

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

Infrared heating

Gas medium

Semi-finished product

Production

Method

Electrophysical means

Article history:

Received 11.10.2019

Received in revised form

21.10.2019

Accepted 11.11.2019

Corresponding author:

I. Babanov

E-mail:

igbabanov@ukr.net

ABSTRACT

The purpose of the article is development of the technological process of production of meat milled semi-finished products under infrared heating in a gas medium (carbon dioxide). The object of research is semi-finished products and products obtained by the proposed method. The study included samples of minced meat, breaded semi-finished products and fried products. Meat cutlets, semi-finished products and finished products were prepared using traditional technology.

The proposed method involves placing in the heat-sealed hermetic volume of the source of infrared heating with pulsed energy connection. The infrared source generates the bulk of energy in the wavelength range of 2.2...3.0 μm . Excessive pressure of carbon dioxide is in the range of 10... 30 kPa.

Product quality indicators were investigated. As a result, it was found that the experimental cutlet stuffing, in contrast to the control, has more tender consistency. Thus, the penetration rate increases by 16.2...23.9% depending on the time of penetration, with the maximum penetration rate increasing by 21.1% and the average rate by 16.3%. Such indicators facilitate the process of molding products and ensure that they retain the given shape. Physico-chemical changes that occur during frying provide a significant decrease in the penetration rate of the inner layers of products — by 2.7...3.2 times. The results of the study of microbiological quality indicators were obtained. After heat treatment, the total number of microorganisms in all cases under consideration is significantly reduced and meets the standards set for the products of these species. From the results of the studies of chemical composition it was established that in general the content of the main nutrients (nitrogen-containing components, fats, carbohydrates) of the proposed products approximates traditional products.

The method is recommended for use by food, meat processing and home-based food enterprises.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-6-8

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ЗА УМОВ ІЧ-НАГРІВАННЯ В ГАЗОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

І. Г. Бабанов, О. І. Бабанова

Національний університет харчових технологій

В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна, А. О. Шевченко, С. В. Прасол

Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті описано технологічний процес виробництва м'ясних січених напівфабрикатів за умов ІЧ-нагрівання в газовому середовищі (двоокис вуглецю). Досліджено зразки котлетного м'ясного фаршу, паніровані напівфабрикати та жарені м'ясні вироби. Як контрольні зразки використано котлетні м'ясні, фарші, напівфабрикати та готові вироби, приготовлені за традиційною технологією.

Запропонований спосіб передбачає розміщення в теплоізованому герметичному об'ємі джерела ІЧ-нагрівання з імпульсним енергопідведенням. ІЧ-джерело генерує основну частку енергії в інтервалі довжин хвиль 2,2...3,0 мкм. Надмірний тиск двоокису вуглецю знаходиться в межах 10...30 кПа.

Досліджено показники якості виробів при їх виробництві. Встановлено, що дослідний котлетний фарш, на відміну від контрольного, має більш ніжню консистенцію. Так, показник пенетрації збільшується на 16,2...23,9% залежно від часу пенетрації, при цьому максимальна швидкість пенетрації збільшується на 21,1%, а середня — на 16,3%. За таких показників полегшується процес формування виробів і забезпечується утримання ними заданої форми. Фізико-хімічні зміни, що відбуваються під час жарення, забезпечують суттєве зниження показника пенетрації внутрішніх шарів виробів — у 2,7...3,2 рази.

Отримано результати дослідження мікробіологічних показників якості. Встановлено, що після теплового оброблення загальна кількість мікроорганізмів за всіх випадків, що розглядаються, істотно зменшується та відповідає нормативам, встановленим для виробів цього виду. За результатами досліджень хімічного складу встановлено, що в цілому за вмістом основних харчових речовин (азотовмісних компонентів, жирів, вуглеводів) запропоновані вироби наближаються до контрольних зразків.

Технологічний процес виробництва м'ясних січених напівфабрикатів рекомендовано до використання підприємствами громадського харчування та м'ясопереробними підприємствами.

Ключові слова: *ІЧ-нагрівання, газове середовище, напівфабрикат, виробництво, спосіб, електрофізичні методи.*

Постановка проблеми. *Загальна тенденція енергоспоживання, що склалась останнім часом у переробній промисловості, свідчить про істотне підвищення витрат енергії на виробництво та безперервне зростання вартості її генеру-*

вання. Враховуючи це, особливої гостроти набувають проблеми створення і впровадження сучасних ресурсозберігаючих технологій, які забезпечують скорочення витрат енергії в поєднанні зі збереженням якісних показників сировини та інших ресурсів.

З огляду на це актуальними є дослідження з розроблення технології виробництва продукції за умов інфрачервоного нагрівання із застосуванням різноманітних газових середовищ, зокрема з підвищеним вмістом двоокису вуглецю, які розраховані на використання підприємствами громадського харчування та м'ясопереробними підприємствами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні процеси жаріння здійснюються на відкритій нагрівальній поверхні (смаження) з використанням тонкого шару жиру як проміжного теплоносія чи без нього або без контакту з нагрівальною поверхнею. На сьогодні більш прогресивними є електрофізичні способи оброблення харчових продуктів, використання яких дає змогу вирішити низку технологічних проблем на більш високому рівні організації праці [1—4]. Серед них одне з важливих місць посідає метод термооброблення ІЧ-випромінюванням [5—7].

За умов термооброблення ІЧ-випромінюванням однією з основних вимог до складових виробів є врахування оптичних властивостей компонентів, що входять до рецептури. При цьому досить високі технологічні показники має смаження напівфабрикатів в ІЧ-апаратах в умовах газового середовища [8; 9].

Метою статті є розроблення технологічного процесу виробництва м'ясних січених напівфабрикатів за умов ІЧ-нагрівання в газовому середовищі (двоокис вуглецю).

Викладення основних результатів дослідження. Напівфабрикат розміщується у теплоізольованому герметичному об'ємі апарата з встановленим у ньому джерелом ІЧ-нагрівання, що генерує основну частку енергії в інтервалі довжин хвиль 2,2...3,0 мкм. Перед початком процесу ІЧ-жаріння у робоче середовище апарата подається двоокис вуглецю до утворення надмірного тиску 10...30 кПа, після чого вмикаються ІЧ-нагрівачі. З підвищенням температури робочого середовища, після утворення на поверхні продукту скоринки, яка протидіє видаленню вологи та жиру, при подальшому нагріванні застосовують імпульсне ІЧ-нагрівання.

Як відомо, якість кулінарних виробів суттєво залежить від низки технологічних чинників, серед яких важливого значення набувають тривалість та інтенсивність теплового впливу, ступінь фізико-хімічних змін складових речовин виробів, зміна маси, волого- та жиромісту. Враховуючи наявність нетрадиційних підходів під час розроблення запропонованих технологічних процесів виробництва м'ясних січених виробів, що скорочують час термооброблення, їх вагомий вплив на перебіг масообмінних процесів, для оцінки якості отриманих виробів проведено дослідження за структурно-механічними, мікробіологічними, фізико-хімічними й органолептичними показниками.

Наявність у складі зразків котлетного м'ясного фаршу таких компонентів, як олія та подрібнена картопля, призводить до зміни показників в'язкості й впливає на пластичність фаршу. Це спонукало до проведення досліджень, на

підставі яких побудовано залежності швидкості зсуву від напруги зсуву та ефективної в'язкості від швидкості зсуву. Аналіз отриманих результатів надав можливість визначити темп руйнування структури фаршів. Найбільша в'язкість практично незруйнованої структури для дослідних зразків $\eta_0 = 852,7$ Па·с. Режим в'язко-пластичної течії починається зі значень $\gamma = 9$ с⁻¹. За $\gamma > 16,2$ с⁻¹ ефективна в'язкість η_t , досягнувши найменшого значення, залишається практично незмінною та не залежить від швидкості зсуву. Отримані значення дають підставу віднести фарш до густих паст.

Важливим показником оцінки якості виробів є консистенція, що була визначена за показниками penetрації та швидкості penetрації. Дослідження проводилися на зразках м'ясних січених напівфабрикатів (котлетного м'ясного фаршу, панірованих напівфабрикатів і жарених виробів). Як контрольні зразки використано котлетні м'ясні фарші, напівфабрикати та готові вироби, виготовлені за традиційною технологією виробництва (при традиційному смаженні). Встановлено, що дослідний котлетний фарш, на відміну від контрольного, має більш ніжну консистенцію. Так, показник penetрації збільшується на 16,2...23,9% залежно від часу penetрації, при цьому максимальна швидкість penetрації збільшується на 21,1%, а середня — на 16,3%. За таких показників полегшується процес формування виробів і забезпечується утримання ними заданої форми.

Тобто поверхневий шар, який спроможний стримувати масоперенесення під час смаження, у дослідних зразках має більш міцну структуру, що додатково впливає на зменшення втрат маси. Фізико-хімічні зміни, що відбуваються під час смаження, забезпечують суттєве зниження показника penetрації внутрішніх шарів виробів у 2,7...3,2 рази. Але в дослідних зразках значення показника penetрації є більшими на 16,4...42,0%, максимальної швидкості penetрації — на 42,0%, а середньої — на 14,6%.

Формування під час смаження на поверхні виробу піджаристої скоринки супроводжується зниженням вмісту води, в результаті чого поверхневий шар стає більш жорстким. Завдяки більш високій початковій вологості використаної паніровки та її вологоутримувальній здатності, а також властивостям використаного котлетного фаршу зразки готових виробів за дослідною технологією мають показники penetрації, що на 30,4...59,4% вищі, ніж у контрольних. При цьому значення максимальної і середньої швидкості penetрації є більшими на 59,4% та 29,0% відповідно.

Різноманітність процесів, які відбуваються під дією високої температури, спричиняє порушення зв'язків між складовими частинами виробів, що призводить до їх усадження та, відповідно, зміни об'єму. Це чинить негативний вплив, оскільки підвищується пружність і жорсткість готових виробів.

Вживання м'ясних продуктів часто буває причиною захворювання людей, якщо воно інфіковане різною мікрофлорою. Для досягнення санітарної безпечності споживання суттєве значення мають режими теплового оброблення, якими передбачається витримування виробів при визначеній температурі протягом певного часу. Тому, враховуючи скорочення тривалості термооброблення запропонованих виробів, потрібно оцінити їх санітарну безпеку. Перелік мікро-

біологічних показників, за якими проводили контроль якості готових м'ясних виробів, встановлювали відповідно до медико-біологічних вимог.

Після теплового оброблення загальна кількість мікроорганізмів за всіх випадків, що розглядаються, істотно зменшується та відповідає нормативам, встановленим для виробів даного виду. Так, нормативні дані кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів значно перевищують отримані для дослідних виробів. Наведені результати вказують також на відсутність кишкових паличок (БГКП), *Staphylococcus aureus*, *Proteus* та патогенних мікроорганізмів, у тому числі сальмонел.

У цілому за вмістом основних харчових речовин (азотовмісних компонентів, жирів, вуглеводів) запропоновані вироби відповідають чинним стандартам якості. Додавання олії суттєво впливає на зміну жирнокислотного складу виробів. Вони містять у своєму складі на 24,6% менше насичених жирних кислот та на 88,8% більше поліненасичених жирних кислот, особливо лінолевої кислоти, яка відіграє важливу роль у процесах життєдіяльності організму людини.

Підвищення температури оброблення при переробленні сировини стричиняє руйнування білків, у результаті чого в них змінюється місткість амінокислот. Ступінь термічного пошкодження білків може бути різною: помірне теплове оброблення покращує перетравлення шляхом денатурації нативних білків та інактивації деяких інгібіторів протеаз; високотемпературне оброблення, особливо при його тривалому впливі, сприяє сильному пошкодженню, в результаті чого може відбуватися взаємодія між функціональними групами білка та іншими компонентами, наприклад, редукуючими цукрами, жирами тощо.

Для перевірки відповідності якості готових виробів встановленим вимогам проведено органолептичну оцінку виробів у балах з урахуванням коефіцієнта важливості за показниками: зовнішній вигляд, колір на перерізі, запах, смак, консистенція. При цьому дослідні вироби порівнювали з традиційними виробами за умов ІЧ-смаження. За даними технологічних проробок дослідні м'ясні січені вироби мають оцінку 50 балів (контрольні вироби — 45 балів), що свідчить про більш високу їхню якість. Відзначено покращення показників зовнішнього вигляду (поверхня коричневого кольору та не має пошкоджень) і консистенції, яка є більш ніжною.

Висновки

Отже, у результаті проведених досліджень розроблено технологічний процес виробництва м'ясних січених напівфабрикатів за умов ІЧ-нагрівання у газовому середовищі (з підвищеним вмістом двоокису вуглецю), при реалізації якого зменшується тривалість теплового оброблення й втрати маси. Характерною особливістю виробів є наявність у складі соняшникової олії та подрібненої картоплі, паніровка зволоженою сумішшю панірувальних сухарів і пшеничного борошна. Реалізацію процесу запропоновано здійснювати в апаратах з джерелом імпульсного підведення ІЧ-енергії довжиною хвиль 2,2...3,0 мкм та подачею двоокису вуглецю надмірним тиском 10...30 кПа.

Під час дослідження показників якості продукції відмічено, що фарш для дослідних виробів за структурно-механічними властивостями наближається до традиційного, а незначне зниження значень граничної напруги зсуву й ефективної в'язкості позитивно позначається на його пластичності, що полегшує процес формування виробів. Вироби відповідають вимогам санітарної безпеки, а за вмістом основних харчових відповідають чинним стандартам якості. Встановлено суттєве збільшення вмісту поліненасичених жирних кислот у дослідних виробів. Також відмічено покращення органолептичних показників готових виробів.

Література

1. Бабанов И. Г., Бабанова Е. И., Шевченко А. А. Усовершенствование производства колбасных изделий с применением электрофизических методов обработки. *Scientific Works of University of Food Technologies*. Plovdiv. 2015. V. LXII. P. 763—766.
2. Процеси та апарати жаріння харчових продуктів /О. І. Черевко [та ін.]. Навч. посібник. Х.: ХДАТОХ, 2000. 332 с.
3. Михайлов В. М. Наукове обґрунтування і розробка прогресивних процесів та обладнання для виробництва жарених кулінарних виробів [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12. Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. Х., 2003. 371 арк.
4. Корзун В. Н., Юдіна А. І., Оліферчук О. Г. Вплив інтенсифікації процесу теплової обробки на якість м'ясної кулінарної продукції. *Технологии пищевой, легкой и химической промышленности*. 2016. № 3/3 (29). С. 4—8.
5. Коренець Ю. М., Заболотня К. А. Визначення оптимальних параметрів процесу ІЧ-смаження овочевих напівфабрикатів за умов відкритого робочого простору. *Обладнання та технології харчових виробництв*: темат. збір. наук. праць. Вип. 33. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2016. С. 43—52.
6. Zahorulko A., Zagorulko A., Yancheva M., Serik M., Sabadash S., Savchenko-Pererva M. (2019) Development of the plant for low-temperature treatment of meat products using INFRARED-radiation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 1, No. 11(97). Pp. 11—17.
7. Коренець Ю. М., Никифоров Р. П. Розробка ІЧ-апарату для смаження харчових продуктів. *Обладнання та технології харчових виробництв*: зб. наук. праць. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2017. С. 65—72.
8. Прогресивні процеси виробництва м'ясо-рослинних кулінарних виробів / О. І. Черевко [та ін.] / монографія. Х.: ХДУХТ, 2008. 101 с.
9. Бабкіна І. В., Шевченко А. О., Прасол С. В., Ялинич С. І. Визначення якісних показників продукції, виробленої з використанням ІЧ-нагрівання в умовах газового середовища. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*: зб. наук. пр. Харків: ХДУХТ, 2017. Вип. 2 (26). С. 322—334.

TECHNOLOGY OF DRYING OF CAPILLARY-POROUS COLLOID BODIES BY DECREASEING MODES

I. Gaponyuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Dehydration
Drying mode
Heat transfer
Gradient
Grain*

Article history:

Received 02.10.2019
Received in revised form
15.10.2019
Accepted 04.11.2019

Corresponding author:

I. Gaponyuk
E-mail:
zenidtar@gmail.com

ABSTRACT

The general condition and theoretical background of the processes of heat-moisture exchange and existing modes of grain drying are outlined, attention is paid to the indicators of energy efficiency and quality of drying, which are directly related to scientifically sound modes of drying. The results of own investigations of the parameters of phase media of domestic drying units according to the existing modes of drying of grain of late crops are presented, the results of experimental studies of the phenomenon of thermal-moisture diffusion for two- and single-phase media are discussed, the contradictions between the theory of moisture exchange and the need for phase exchange of thermo-moisture diffusion and interfacial heat-moisture exchange processes under different temperature and moisture gradients, the results of the experiments ideation kinetics of temperature and moisture content of the exhausted working gases at different speeds of the flow of these gases and different size of the dehydrated bodies in the production conditions of the mine grain dryer type DSP-32ot.

The connection between the rate of drying of grain and the size of the dehydrated bodies and the potential for the use of working gases of the second drying zone and the loss of heat with them were established. The possibility of interfacial interaction under of different moisture gradients and heat by changing drying regimes from ascending to downward conditions related to industrial and in bench conditions for elementary layers the possibility of controlling the intensity of interphone moisture exchange by changing the dummy velocity of working gases under different temperature and humidity gradients was proved.

The influence of the method of supplying the drying gases on the potential of their use and the specific energy consumption of drying for a layer of 0.25 m thick and 0.31 m domestic and foreign grain dryers were experimentally proved. The introduction of descending drying regimes and changing the method of bringing the drying gases to “under vacuum” can increase the productivity of dryers by up to 25% and reduce specific drying costs by up to 15% and reduce the level of environmental pollution by up to 55%.

ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ КОЛОЇДНИХ ТІЛ ЗА СПАДНИМИ РЕЖИМАМИ

І. І. Гапонюк

Національний університет харчових технологій

У статті описано загальний стан і теоретичне підґрунтя процесів тепловологообміну та існуючих режимів сушіння зерна, вказано на суперечності між теорією вологообміну фазових середовищ і практикою сушіння, обґрунтовано необхідність удосконалення знань про процеси термовологодифузії й міжфазового тепловологообміну за різних градієнтів температури й вологи, наведено результати досліджень кінетик температури вологовмісту відпрацьованих робочих газів за різних швидкостей течії цих газів і відмінних за розміром зневоджуваних тіл у виробничих умовах шахтної сушарки зерна типу ДСП-32от.

Встановлено зв'язок швидкості сушіння зерна з розмірами зневоджуваних тіл і потенціалом використання робочих газів другої сушильної зони та втратами теплоти з ними, а також зв'язок розмірів зневоджуваних тіл з активною поверхнею міжфазової взаємодії і, відповідно, величиною пошарової в тілі нерівномірності розподілу вологи. Теоретично обґрунтовано спосіб зменшення пошарової нерівномірності вмісту вологи й теплоти змінням режимів сушіння з висхідних на спадні для умов, наближених до виробничих. Теоретично обґрунтовано та в стендових умовах для елементарних шарів доведено можливість міжфазової взаємодії за різних градієнтів вологи і температури фазових середовищ за яких домінує теплообмін, а також можливість управління інтенсивністю міжфазового вологообміну змінням фіктивної швидкості робочих газів за різних градієнтів температури й вологи.

Експериментально доведено вплив способу підведення сушильних газів на потенціал їх використання та питомі енерговитрати сушіння для шару зерна товщиною 0,25 м і 0,31 м вітчизняних і закордонних зерносушарок. Впровадження спадних режимів сушіння та зміння способу підведення сушильних газів на «під розрідженням» дає змогу підвищити продуктивність сушарок до 25% та зменшити питомі витрати сушіння до 15%, а рівень забруднення доквілля зменшити до 55%.

Ключові слова: *зневоднення, режим сушіння, теплообмін, градієнт, зерно.*

Постановка проблеми. Попри надмірну енергозатратність швидкісних способів зневоднення, порівняно з повільними, перші є найбільш поширеними у вітчизняній і світовій практиці. Для цього використовують різноманітні зневоднюючі агрегати, більшість з яких об'єднує використання як робочого зневоднюючого агенту робочих газів, нагрітих до заданої температури з керованою фіктивною швидкістю проникнення крізь шар зневоднюючих тіл різних розмірів і хімічного складу. З огляду на термолабільність більшості зневоднюючих тіл температуру робочих газів обмежують термічною стійкістю перших. Технічна

складність обробки відпрацьованих газів для подальшого використання їх теплоти, з одного боку, обмежує застосування існуючих енергоощадних заходів рекуперації теплоти цих газів, а з іншого — обумовлює кількакратне перевищення витрат теплоти зневоднюючих агрегатів від розрахунково-необхідних витрат енергії для фазових перетворень вологи, що міститься в цих тілах.

Ще однією, чи не найбільш вагомою причиною перевищення питомих енерговитрат й підвищення ризику травмування зневоджуваного тіла, є наразі встановлені режими сушіння зерна. За офіційними рекомендаціями, раціональними режимами визнано висхідні [1]. Підґрунтям цих режимів стало явище термовологопереміщення для капілярно-пористих тіл, встановлене О. В. Ликовим ще в минулому столітті [2]. Однак наші спостереження за зонами сушіння зерна в п'яти ярусах (секціях) сушильної шахти зерносушарки, з одного боку, та надмірні витрати теплоти сушіння й мікротравмування зневоджуваного тіла — з іншого, змушують переглянути справедливості явища термовологодифузії для відмінних від капілярно-пористих тіл, якими є плоди рослинництва. З огляду на це й було визнано за доцільне провести дослідження явища термовологодифузії для капілярно-пористих колоїдних тіл в умовах, наближених до виробничих, і встановити причини надмірного зростання витрат теплоти зневоднення зерна на завершальних етапах сушіння, що перевищують теоретично обґрунтовані втрати. Для цього були поставлені такі завдання:

а) в стендових умовах для вихідних параметрів, наближених до виробничих, дослідити вплив градієнта температури фазових середовищ на градієнт вологи в шарах тіла зернини та виконати ті ж самі дослідження для однофазових середовищ;

б) переглянути механізм внутрішньокапілярної дифузії вологи в капілярно-пористих колоїдних тілах і встановити його відповідність для капілярно-пористих тіл;

в) дослідити причини зростання енергії зневоднення зі зменшенням вологості зневоджуваних тіл;

г) обґрунтувати рішення з удосконалення технології сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зневоднення капілярно-пористих колоїдних тіл, до яких відносять плоди зернових, бобових та олійних культур, вирішують більшою мірою конвективним, кондуктивним і комбінованими методами [3; 5]. Спільним для них є інструменти управління швидкістю масообміну переміною температури зневоджуваних тіл і підвищенням рушійного потенціалу різницею парціальних тисків фазових середовищ. Тобто якщо теплоту, за різних методів зневоднення, підводять різними способами, то вже безпосередньо сам етап зневоднення всіх методів сушіння реалізують більшою мірою лише конвективним способом. У практиці для управління швидкістю сушіння як фактором тривалості процесу досить широко використовують перемінну температуру зневоджуваного тіла, намагаючись якомога швидше нагріти тіло до гранично-допустимої температури.

Попри значно меншу активну поверхню взаємодії, за умов підведення теплоти однофазових середовищ від двофазових, нагрівання зерна за першого методу відбувається все-таки інтенсивніше. Це обумовлено в десятки разів більшим коефіцієнтом теплообміну кондуктивного від конвективного методу [4].

Крім різних способів підведення теплоти (конвективний, кондуктивний, опромінення тощо), використовують також киплячий, падаючий чи завислий спосіб надлишкової теплоти в рухомих станах шару зерна [5; 6].

Зарубіжні науковці вбачають напрями удосконалення технології та зерносушильних агрегатів у зменшенні теплових втрат через поверхню теплового обмінних камер, зменшенні втрат кінетичної енергії течії робочих газів та операційних переналаштувань режимів, підвищенні рівня контролю заданих параметрів теплообміну й оперативності усунення порушень технології, покращенні екологічного стану сушарок тощо [7—9].

Мета дослідження: теоретично обґрунтувати та експериментально довести можливість зменшення енерговитрат і рівня забруднення довкілля вітчизняних технологій впровадженням спадних режимів сушіння та інших наукових розробок науковців Національного університету харчових технологій, зокрема:

- а) управлінням градієнтами вологи на теплоти фазових середовищ;
- б) перемінним коефіцієнтом теплообміну фазових середовищ;
- в) підвищенням рушійного потенціалу змінням потенціалу робочих газів;
- г) управлінням міжфазовим вологообміном заданою енергією течії газів (критерієм Нусельта);
- д) змінням співвідношенням теплоти нагрівання й фазових перетворень (критерієм Кірпічова);
- ж) управлінням енергією внутрішньокапілярних течій вологи;
- з) вирівняністю вологовмісту в шарах зерна шахти сушарки.

Викладення основних результатів дослідження. Капілярно-пористі колоїдні тіла бувають різних розмірів і вологості, тому були використані галузеві методи досліджень показників якості зерна й параметрів робочих газів і довкілля, загальновідомі аналітичні розрахунки витрат теплоти й енергії течії робочих газів на різних етапах і сушильних зонах сушарки. Авторські методики й методи досліджень взаємного впливу градієнтів температури й вологи фазових середовищ, впливу зовнішнього тиску на внутрішньо-капілярну дифузію вологи в капілярно-пористих колоїдних тілах, управління внутрішньо-капілярним тиском у шарах тіла зернини. Для досягнення поставленої мети були виконані дослідження параметрів шару зерна, робочих і відпрацьованих газів за різних режимів сушіння зерна у виробничих умовах на найбільш поширеному сушильному агрегаті ДСП-32х2от. За авторськими методиками були опрацьовані результати досліджень із використанням систем автоматичного обрахунку. Розроблено план апробації теоретичних продуктів з удосконалення технології зневоднення зерна різного хімічного складу, розмірів зернин і початкової вологості на зерносушильному агрегаті шахтного типу у виробничих умовах.

Найбільшу складність у виконанні досліджень становила забезпеченість заданої товщини шару зерна 0,2—0,3 м, енергії течії робочих газів та умов подолання аеродинамічного опору цього шару з фіктивною швидкістю сушильних газів 0,1—0,6 м/с.

Нижче, на рис. 1 і 2, наведено результати наших досліджень у виробничих умовах. На рис. 1 представлено кінетику сушіння зерна в шахтній прямотечійній сушарці в зимову, а на рис. 2 — осінню пори року. Енергія течії сушильних газів за уповільненої фіктивної їх швидкості ($v = 0,1$ м/с) представлено на рис. 2, а за паспортних ($v = 0,4$ м/с) — на рис. 1.

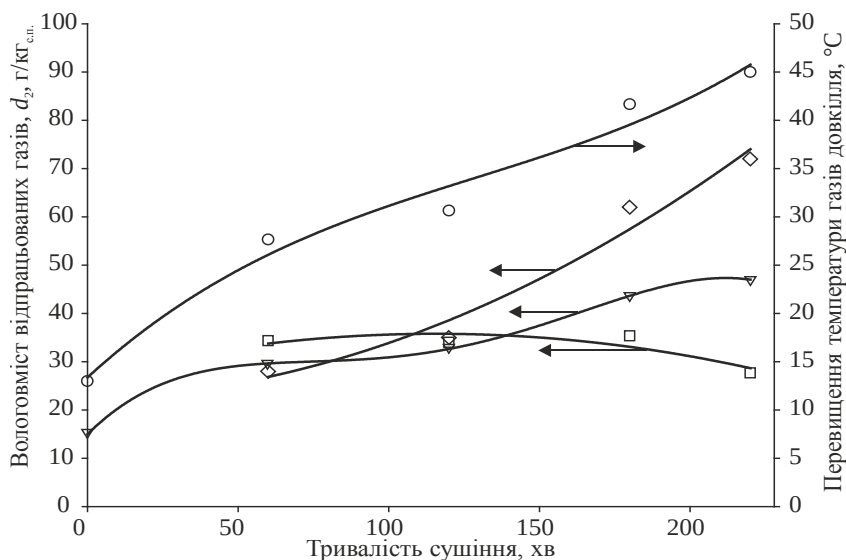


Рис. 1. Зміна параметрів відпрацьованих газів сушарки за паспортної енергії течії робочих газів

Найбільшу вологонасиченість відпрацьованих газів і найменші втрати теплоти з ними, що відповідають меншій температурі відпрацьованих сушильних газів, спостерігаємо на початковому етапі тепловологообміну. Це період сталої швидкості сушіння в перші 90 хв для паспортних параметрів течії робочих газів (рис. 2) та в перші 240 хв — за уповільненої течії робочих газів (рис. 1). Різна швидкість робочих газів дещо компенсуються на процесах зневоднення зерна особливою внутрішньокапілярної дифузії у різних за розмірами зневоджуваних тіл (рис. 1, 2). З цієї ж причини діапазони максимальних значень вологовмісту відпрацьованих газів є подібними для різних швидкостей робочих газів. Однак на завершальному етапі, після 90 хв сушіння за паспортних режимів сушіння (рис. 2) та 240 хв за уповільнених (рис. 1), потенціал використання сушильних газів поступово зменшується і набуває вдвічі менших значень від потенціалу використання цих газів на встановлених (перших) етапах роботи зерносушарки за різних течій газів.

Проаналізуємо досліджуваний на зерносушарці процес зневоднення зерна. Загальновідомо, що з поглибленням зони сушіння у внутрішні шари тіла зер-

нини, вміст вологи в периферійних її шарах зменшується, відповідно, вологовміст відпрацьованих газів також зменшується.

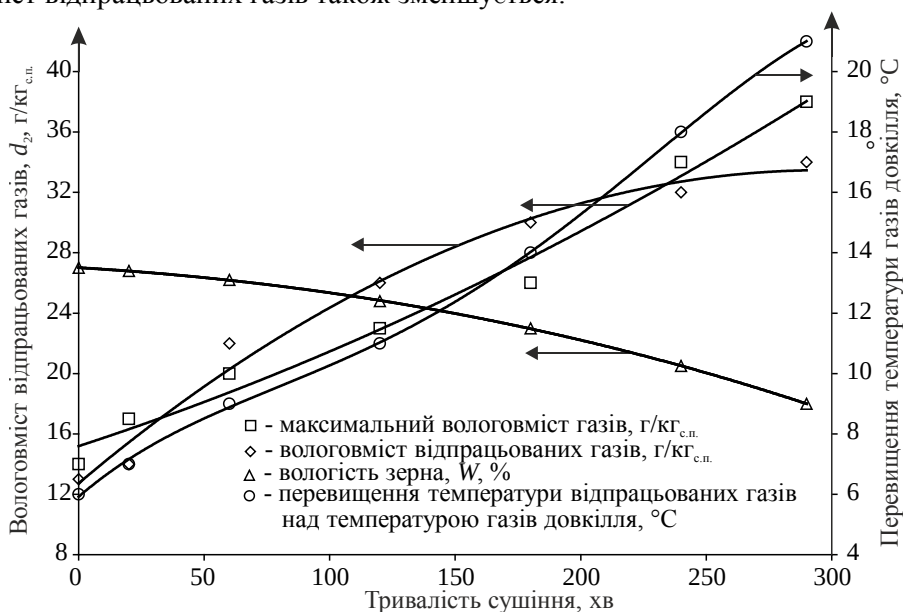


Рис. 2. Зміна параметрів відпрацьованих зазів сушарки за уповільненої енергії течії робочих газів

У свою чергу, зі зменшенням частки витрат теплоти на фазові перетворення вологи периферійних шарів тіла зернини зростає частка витрат теплоти на нагрівання зернини. Температура шару зерна на цьому етапі зневоднення починає зростати. У наших дослідженнях на виробничій зерносушарці цей період відповідає періодам сушіння після перших 90 та 240 хв зневоднення паспортного й уповільненого режимів сушіння (рис. 1 і 2) відповідно. Оскільки зі зростанням температури зневоджуваного тіла коефіцієнт внутрішньої дифузії α_m зростає [2; 3], то різниця вологовмісту в шарах тіла різної температури зростає ще більше і, відповідно, зростають і ризик мікротравмування тіла та втрати теплоти на його зневоднення.

Однак наразі за чинною нормативною документацією із сушіння зерна [1] зерно сушать за висхідними режимами. Тобто зі зневодненням зерна на першому етапі температуру сушильних газів підвищують на 20—30°C і більше — на другому. Такий режим сушіння отримав назву висхідний і, як ми вже переконалися вище, обумовлює поширення в тілі зернини різну температуру й вологу, зменшення потенціалу використання робочих газів, мікротравмування поверхні зневоджуваного тіла й зростання ризику пошкодження термолабільних складових цього тіла. Як уже було вище відмічено, ці висхідні режими більшою мірою ґрунтуються на явищі термовологодифузії, встановленому для капілярно-пористих тіл ще в середині минулого століття та автоматично поширеному для капілярно-пористих колоїдних тіл.

На рис. [13] і [14] розміщено фотографії робочої зерносушарки ДСП-32от на початковому і основному етапах сушіння. З рис. [13], що відображає початковий етап зневоднення зерна, видно прояви явища фазових перетворень вологи у вигляді інтенсивного пароутворення у верхній частині тепловологообмінної камери сушарки із малорухомого шару зерна. Це свідчить про те, що процеси переміщення вологи із шару зерна мають місце з моменту підведення до зерна нагрітих робочих газів. Тобто за умов суттєвого перевищення температури робочих газів над температурою шару зерна (градієнт температури направлений із робочих газів у шар і тіло зернин) та суттєвого перевищення вмісту вологи в шарі зерна від вологості робочих газів (градієнт вологи фазових середовищ протилежний градієнту температури і направлений із шару зерна в робочі гази).

Однак у разі справедливості явища термовологодифузії на етапі нагрівання зерна волога із шару зерна не повинна була б переміщатися у робочі гази і тоді ми не змогли б спостерігати пароутворення у верхній частині зерносушарки на початковому етапі сушіння (рис. [13]). Попри наведені вище аргументи, ці рисунки, як ніщо інше, переконують в сумнівності прояву термовологодифузії для капілярно-пористих колоїдних тіл за умов різних градієнтів температури і вологи (рис. [13]) та вимагають уточнень щодо його прояву для зневоджуваних тіл, відмінних за своїми структурно-механічними властивостями від капілярно-пористих.

Власне, ця теза і була взята за основу наших подальших досліджень взаємного впливу градієнтів температури й вологи фазових середовищ.

Завдяки теоретичним і стендовим дослідженням механізму внутрішньо-капілярної дифузії вологи було встановлено суттєву відмінність перебігу процесу термовологодифузії в капілярно-пористих колоїдних тіл від капілярно-пористих тіл. Проведені експериментальні дослідження за перемінних значень різниць температури й вологовмісту (відносної вологості) як для двофазового (конвективного), так і однофазового (кондуктивного) тепло- і вологообміну, не підтвердили наявності явища термовологодифузії для капілярно-пористих колоїдних тіл.

Нижче, на рис. 3, представлено вплив градієнта температури фазових середовищ на конвективний вологообмін елементарних шарів зерна кукурудзи вологістю 36,2% (залежність 1 рис. 3) та 19,8% (залежність 2 рис. 3). Різницю температур фазових середовищ змінювали від -15°C (перевищення температури доквілля над температурою шару зерна) до $+15^{\circ}\text{C}$ (перевищення температури шару зерна над температурою доквілля).

Як видно з наведених на рис. 3 експериментальних даних, вплив градієнта температури на градієнт вологовмісту не встановлено. Тобто на всьому проміжку перемінних значень різниці фазових середовищ ми можемо спостерігати вологообмін за градієнтом вологи. Відмічено лише залежність інтенсивності вологообміну (фазового та міжфазового) шарів зерна різного вологовмісту від температури.

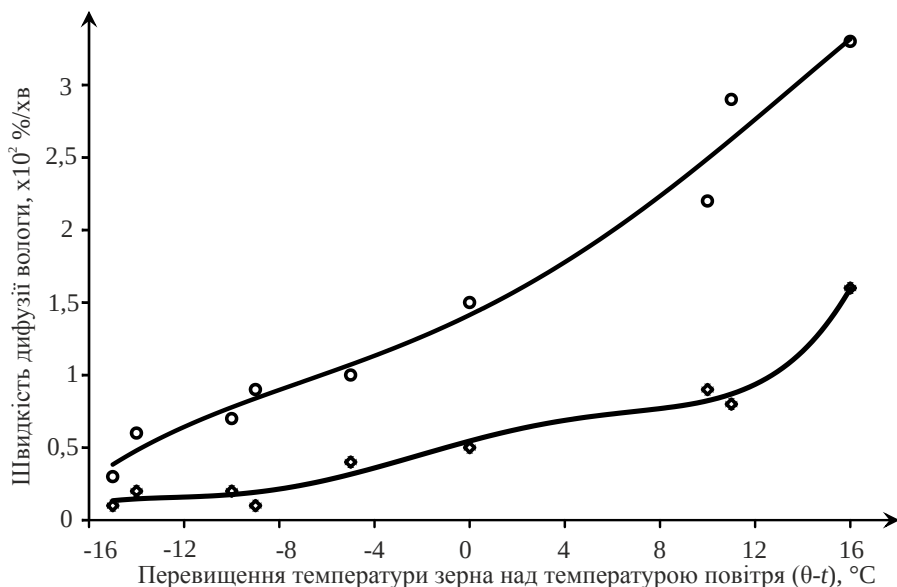


Рис. 3. Вплив різних градієнтів температури та вологи на міжфазовий масообмін шару зерна кукурудзи

Однак, попри доведений факт зазначеної суперечності із проявом термовологодифузії різних за структурою зневоджуваних тіл та недоцільністю висхідних режимів сушіння для капілярно-пористих колоїдних тіл, у конструкцію всіх вітчизняних зерносушарок згідно з чинними нормативними документами встановлено лише висхідні режими сушіння.

Інший напрямом наших досліджень був пов'язаний із встановленням впливу тиску робочих газів на міжфазовий тепловологообмін. Наукова доцільність обумовлена тим, що в сушильній практиці зерносушильні агрегати різних виробників, особливо закордонних, застосовують два основних способи підведення сушильних газів: «під нагнітанням» і «під розрідженням». На експериментальній установці за умов широкого діапазону перемінних значень енергії течії сушильних газів («під нагнітанням» і «під розрідженням» $H_d = 0,5 \dots 3,0$ кПа), були виконані дослідження впливу цих способів на особливості міжфазового тепло- і вологообміну.

Швидкість зневоднення зерна розраховували за відомою формулою 1, а коефіцієнт вологообміну — за формулою 2 [2—4; 6]:

$$N = \frac{\omega_0 - \omega_k}{\tau_k}, \quad (1)$$

де ω_0 — вологість на початку сушіння, %; ω_k — критична вологість, %; τ_k — тривалість періоду сушіння від ω_0 до ω_k , хв.

$$\beta = \frac{N \cdot R \cdot p_n \cdot \phi}{100 \cdot (p_m - p_n) \cdot \omega_p}, \quad (2)$$

де N — швидкість сушіння, %/хв; R — приведений радіус зернини, м.

Втрати енергії течії робочих газів на подолання аеродинамічного опору шару зерна перемінної товщини h розраховували за формулою 3 на основі

рівняння Бернуллі, що випливає із відомого фундаментального рівняння Нав'є-Стокса:

$$H_{\text{ш}} = \lambda_{\text{ш}} \frac{h}{d_e} \frac{\rho v^2}{2} \left(\frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} \right), \quad (3)$$

де $H_{\text{ш}}$ — опір шару зерна, Па; h — висота шару зерна, м; $\lambda_{\text{ш}}$ — сукупний коефіцієнт гідродинамічного опору по довжині течії; $\varepsilon = V_0 / V_3$ — коефіцієнт шпаруватості; V_0, V_3 — об'єми повітря (газу, пари, води) та загального об'єму суміші з твердими частками, м³; d_e — еквівалентний діаметр часток, м; v — швидкість газу, що віднесена до загального перерізу шару зерна (умовна), м/с; ρ — густина газу, кг/м³.

Додаткові витрати теплоти на протидію опору дифузії вологи в зневоджуваному за рахунок збільшення потенціалу ∇P , для порівняння з втратами, пов'язаними зі зменшенням потенціалу використання робочих газів, розраховували за відомою формулою 4 [2; 6]:

$$\nabla P = A \cdot (T_2 / T_1)^n + 622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{н}}}{B - \varphi \cdot p_{\text{н}}}, \quad (4)$$

де A та n — коефіцієнти, що залежать від параметрів зерна та повітря; φ — відносна вологість повітря довкілля, %; B і $p_{\text{н}}$ — барометричний тиск і тиск насиченої пари, Па.

Оскільки метою цієї статті не є детальне обґрунтування підтвердження викладених сумнівів щодо впливу температури й інтенсивності капілярної дифузії вологи на їх властивості, пропонуємо самостійно переконатися у викладеному на результатах експериментальних досліджень впливу способів підведення газів та інтенсивності дифузії вологи в капілярах зневоджуваного тіла (рис. 3—6).

На фотографіях (рис. [15] і [16]), представлено результати апробації авторських розробок на прикладі удосконалення технології сушіння американських (GH-2419) і шведських (Torgum) зерносушарок. Зокрема, вирівнюванням поля температури й вологи в горизонтальних шарах зерна сушильних шахт, заданим управлінням енергією течії робочих газів з урахуванням особливостей вмісту гідрофільних складових, розмірів й активної поверхні плодів різних зернових культур, збільшенням потенціалу використання цих газів і часткового зменшення внутрішньокапілярного опору дифузії вологи в тілі зернини, — продуктивність зерносушарки GH-2419 було збільшено на 23—25%, а питомі витрати теплоти сушіння зерна зменшено на 6—8%.

Завдяки вдосконаленню теплоаеродинамічних параметрів і режимів роботи зерносушарки Torgum зменшено питомі витрати теплоти до 7%, рівень забруднення довкілля до 75%, мікротравмування культур великих за розміром плодів (кукурудза) — на 8—10%.

Висновки

1. Витрати теплоти сушіння зерна в зерносушильних агрегатах вітчизняного та закордонного виробництва перевищують розрахунково необхідні з фазових перетворень вологи в 1,5—3,5 раза.

2. Найбільша частка втрат теплоти зерносушильних агрегатів припадає на відпрацьовані робочі гази і може перевищувати витрати фазових перетворень вологи зневоджуваного тіла.

3. Високий вологовміст відпрацьованих робочих газів ($d_2 = 25 \dots 45 \text{ г/м}^3$), за відомими рішеннями, обмежує технологічну доцільність їх використання без спеціальної підготовки та потребує складних конструкцій з їх використання.

4. Явище термовологопереміщення, встановлене О. В. Ликовим для різних масоємних капілярно-пористих тіл, на стендових установках підтверджено для одних і тих же масоємних капілярно-пористих колоїдних тіл для широкого діапазону перемінних параметрів фазових середовищ.

5. Змінням градієнта тиску робочих газів у зневоджувальній камері, збільшенням швидкості їх течії й стану рухомості шару зерна можна суттєво зменшити ризик конденсації крапельної вологи на поверхню шару зерна.

6. У виробничих умовах доведено технологічну доцільність і переваги застосування спадних режимів сушіння над висхідними за показниками питомих енерговитрат, якості сушіння та меншого рівня забруднення довкілля.

7. Доведено технологічну можливість та економічну доцільність міжфазового теплообміну шару зерна із відпрацьованими робочими газами зерносушильних агрегатів.

Література

1. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок. Одеса-Київ, 1997. 72 с.
2. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 599 с.
3. Домарецький В. Н. Остапчук М. В., Українець А. І. Технологія харчових продуктів: [Підручник]. К.: НУХТ, 2003. 572 с.
4. Остапчук М. Треба знати про шлях зменшення енергозатрат та покращення екології сушіння. *Зерно і хліб*. 2005. № 4. С. 20—21.
5. Алейников В. І. Зерносушарка А1-ДСП-100М вдвічі продуктивніша ніж базовий аналог. *Зерно і хліб*. 2006. № 3. С. 45—47.
6. Остапчук М. В. Станкевич Г. М. Математичне моделювання на ЕОМ: Підручник. Одеса: Друк, 2006. 313 с.
7. Burova N, Kislytsina N, Gryazina F, et al. Wheat sprout grain drying in vacuum drying plants. 2017; 38(52): 34.
8. Carlos Alberto Claumann, Adriano Cancelier, Adriano da Silva, André Wüst Zibetti, Toni Jefferson Lopes, Ricardo Antônio Francisco Machado. Fitting semi-empirical drying models using a tool based on wavelet neural networks: Modeling a maize drying process. First published: 01 November 2017. URL: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12633>, February 2018, e12633.
9. Chuanping Liu, WangPing Wu, Fei Xiang Size. Distribution in gas vibration bed and its application on grain drying. *Powder Technology*. 2012; 221:192—198.
10. Остапчук М. В. Наукові основи процесів зберігання зерна. *Наукові праці ОНАХТ*. Вип. 29. Т. 2. С. 58—62.
11. Василенко С. М., Ващук Т. О., Бондар В. І., Шутюк В. В., Самійленко С. М. Теплообмін у плівкових течіях у роторно-плівкових апаратах із роторами спірального типу. *Харчова промисловість*. 2009. № 8. С. 103—108.
12. Zielinska Magdalena, Cenkowski Stefan. Superheated steam drying characteristic and moisture diffusivity of distillers' wet grains and condensed distillers' solubles Original Research. *Journal of Food Engineering*. April 2012, Volume 109, Issue 3, Pages 627—634.
13. URL: <https://drive.google.com/open?id=108u73OJk2pmoLKpmw1easHzyXIA-P0Hp>.
14. URL: https://drive.google.com/open?id=1ekBQS0nVTEa2i83DYTTBhbFQhn_9NEJ.
15. URL: https://drive.google.com/open?id=1BtYHjpTSPSXYIKSqLBwrPcc_8U25Sc7m.
16. URL: https://drive.google.com/open?id=1WT3gIkacCEgwaXfVt_-apWorCsLQq-Vr.

DEVELOPMENT OF THE MECHATRON MODULE FOR DOSING LIQUID FOOD PRODUCTS

O. Horchakova, M. Iakymchuk

National University of Food Technologies

Key words:

Mechatronic module

Dosage

Valve

Law of motion

Liquid food product

Article history:

Received 08.10.2019

Received in revised form
18.10.2019

Accepted 11.11.2019

Corresponding author:

O. Horchakova

E-mail:

horchakovaom@
gmail.com

ABSTRACT

The article is devoted to the research and development of the mechatronic module for dispensing liquid food products. To perform research, an analysis of the designs of the working bodies of the dispensing devices, it was determined that the the working bodies with a conical valve are mostly used.

It was established to ensure the accuracy of dispensation the necessity to set the law of motion of valve movement. When conducting research, the law of valve movement is proposed, which consists of three stages, namely the quick opening of the metering channel, height and smooth closing. To increase the accuracy of dispensation, attention was focused on the stage of closing the dosing channel. In addition, the kinematic and dynamic characteristics of the fluid flow significantly affect the accuracy of the implementation of the given law of motion of the valve. A mathematical model of pressure changes in the metering channels of the device was developed in case of closing the metering valve according to the parabolic law of motion, and the valve speed was determined when performing the third stage, namely, smooth closing of the valve.

Based on the results of the analysis of the designs of the dispensers, a scheme of a mechatronic module for dispensing liquid food products was proposed. This scheme allows, by simultaneously analyzing the movement of the dispenser valve and the weight of the liquid food product, to ensure dispensing accuracy.

Based on the studies and the developed scheme of the functional mechatronic module for dispensing liquid food products with a conical valve, an experimental setup was designed and manufactured. Based on the results of experimental studies, the mass flow rate response of the liquid food product Q was determined as a function of the change in the area of the dispensing channel that is created between the valve and the seat (f) and air pressure (P) into the pneumatic cylinder with a flexible body.

The results of the study will allow to determine the correction factors for the implementation of the given law of valve movement, to ensure high metering accuracy and increase the speed of the dispenser.

РОЗРОБКА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ДОЗУВАННЯ РІДКИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

О. М. Горчакова, М. В. Якимчук

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена дослідженню та розробці мехатронного модуля дозування рідкої харчової продукції. Для виконання досліджень проведено аналіз конструкцій робочих органів дозуючих пристроїв і визначено, що найбільш часто використовуються робочі органи з конічним клапаном.

Встановлено, що для забезпечення точності дозування необхідно застосувати закон руху переміщення клапана. Запропоновано закон руху клапана, який передбачає три етапи: швидке відкривання каналу дозування, вистій і плавне закривання. Для підвищення точності дозування зосереджено увагу на етапі закривання каналу дозування. Окрім того, на точність реалізації заданого закону руху клапана суттєво впливають кінематичні та динамічні характеристики потоку рідини. Розроблено математичну модель зміни тиску в каналах дозувального пристрою для випадку закриття клапана дозатора за параболічним законом руху та визначено швидкість клапана під час виконання третього етапу — плавного закривання клапана.

За результатами проведеного аналізу конструкцій дозаторів запропоновано схему мехатронного модуля для дозування рідких харчових продуктів, що завдяки одночасному аналізу переміщення клапана дозатора та ваги рідкого харчового продукту забезпечує точність дозування.

На основі проведених досліджень та розробленої схеми функціонального мехатронного модуля дозування рідкої харчової продукції з конічним клапаном спроектовано та виготовлено експериментальну установку. За результатами експериментальних досліджень визначено відгук масових витрат рідкого харчового продукту Q як функцію зміни площі каналу дозування, що створюється між клапаном і сідлом (f) та тиску повітря (P) в пневмоциліндрі з гнучким корпусом.

Отримані результати дослідження дадуть змогу в подальшому визначити коефіцієнти коригування для реалізації заданого закону руху клапана, забезпечити високу точність дозування та збільшити швидкодію дозатора.

Ключові слова: мехатронний модуль, дозування, клапан, закон руху, рідкий харчовий продукт.

Постановка проблеми. Сьогодні в Україні існує нагальна потреба у виготовленні нового покоління обладнання для пакування рідкої харчової продукції. Основними модулями таких ліній є дозатори. Серед конструкцій найбільш вживаними є прецензійні дозуючі пристрої, призначені для відмірювання і видачі заданої кількості продукту у вигляді порцій. Основними перевагами таких пристроїв є забезпечення підвищених вимог до точності

дозування, надійності, швидкодії експлуатації, а також можливості швидкого переналагодження.

Традиційно дозуючі пристрої для рідких харчових продуктів складаються з трьох основних елементів: сідла, клапана та корпусу [1]. Найбільш відповідальною ланкою дозатора є робочий орган — запірний клапан, що знаходиться в безпосередньому контакті з дозуючою рідиною та сідлом (рис. 1).

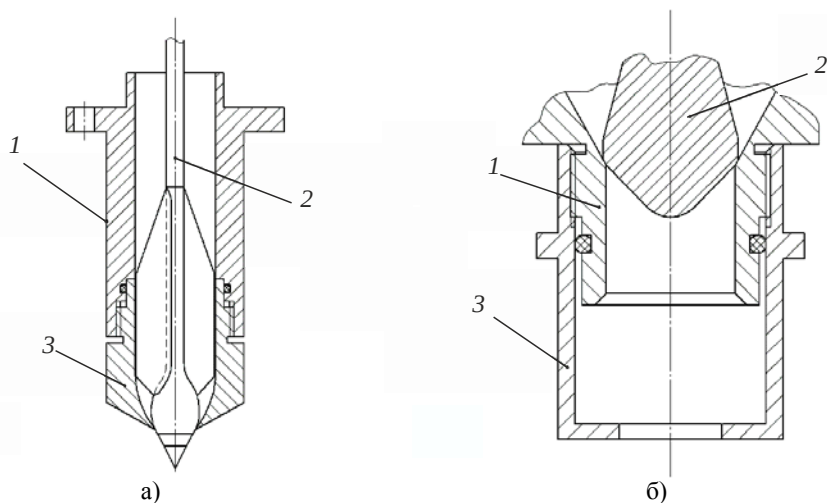


Рис. 1. Конструкція робочого органу у вагових дозаторах:

а) конічний; б) циліндричний: 1 — сідло; 2 — клапан; 3 — корпус

Моделювання процесу взаємодії конусного клапана і сідла є складним завданням, вирішення якого залежить від прийнятих припущень, пов'язаних із конструктивними особливостями форми клапана, його матеріалом (полімер, метал) і фізико-механічними характеристиками рідкого харчового продукту тощо. Однак на практиці точність прецизійного дозування рідких харчових продуктів з тривалістю експлуатації дозатора суттєво зменшується. Насамперед це пов'язано із зміною розміру зазору між клапаном і сідлом, що характеризується зношенням матеріалів у місцях їх контакту, тому такі дозуючі системи потребують постійного регулювання [2].

Метою дослідження є розробка мехатронних дозаторів для рідких харчових продуктів, що базуються на постійному контролі та керуванні рухом клапанів із функціональними блоками підвищення точності і швидкодії систем дозування.

Викладення основних результатів дослідження. На основі проведеного аналізу конструкцій дозаторів і технологічних процесів дозування [3] можна стверджувати, що заданий закон руху клапана традиційно передбачає три етапи (рис. 2): I етап — швидке відкривання каналу дозування; II етап — вистій у відкритому положенні; III етап — закривання каналу дозування [4].

Запропоновано для плавності переміщення клапана на кінцевому етапі дозування реалізовувати параболічний закон руху клапана дозатора.

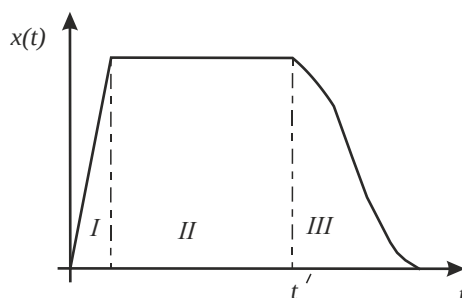


Рис. 2. Заданий закон руху клапана дозатора з прецизійним способом керування:

I — відкриття каналу дозування; II — вистій клапана у відкритому положенні;
III — закривання каналу дозування

Передбачається, що приводом переміщення клапана, який забезпечує його робочий хід δ у таких конструкціях дозаторів, є пневматичний або електромагнітний.

Встановлено, що на точність реалізації заданого закону руху клапана суттєво впливають кінематичні та динамічні характеристики потоку рідини. Схему потоків рідини в дозаторі в момент закриття клапана за параболічним законом руху показано на рис. 3.

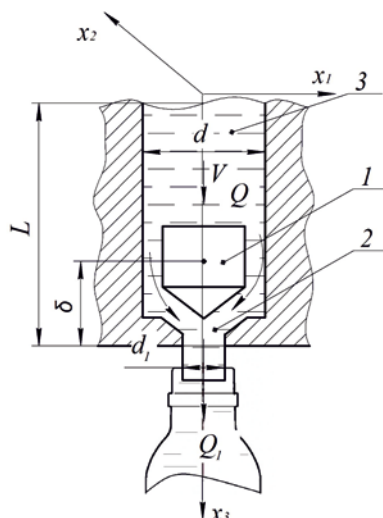


Рис. 3. Схема потоків рідкого харчового продукту в дозаторі в момент закриття клапана:

1 — клапан дозатора; 2 — спрощена модель каналу системи подачі рідкого харчового продукту; 3 — рідкий харчовий продукт; Q — об'єм дозатора; Q_1 — об'єм рідкого харчового продукту, що дозується в упаковку; V — швидкість руху рідини;

d — внутрішній діаметр дозатора; d_1 — діаметр вихідного отвору;

L — висота дозатора з патрубками; δ — переміщення клапана дозатора

Для розробки математичної моделі переміщення клапана були прийняті такі припущення: рідкий харчовий продукт розглядається як нестислива в'яз-

ка рідина [5]; густина рідкого харчового продукту залишається незмінною при зміні тиску, тобто $\rho = \text{const}$.

Диференціальне рівняння руху рідини між каналом і конусом дозатора, відповідно до вибраної системи координат, описується рівнянням:

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{dp}{dx_3} \frac{1}{\rho} + 2nV, \quad (1)$$

де ρ — густина рідкого харчового продукту; $2nV$ — сила в'язкого опору, де $n = 2\nu/\Delta^2$, де Δ — висота пограничного шару рідкого харчового продукту; ν — кінематичний коефіцієнт в'язкості.

Рух клапана на етапі закривання відбувається за параболічним законом:

$$x = at^2/2 + bt + c. \quad (2)$$

Відповідно, швидкість клапана на цьому етапі становить:

$$V = \frac{dx}{dt} = at + b. \quad (3)$$

Зміна тиску в циліндричному каналі між клапаном і корпусом дозатора описується рівнянням:

$$\frac{dp}{dx} = 2nV\rho - \frac{dV}{dt}\rho = 2n\rho at + 2n\rho b - \frac{dV}{dt}\rho. \quad (4)$$

Початковими умовами на другому етапі руху є час $t=0$, координата та швидкість клапана: $x = 0$; $V = V_0$; $p = p_0$. Кінцевими умовами етапу закриття є $t = t_1$, $x = L$, $V = 0$.

Підставимо початкові умови $b = V_0$, $a = -b/t_1 = -V_0/t_1$ в рівняння (3) та отримаємо зміну швидкості:

$$V = -\frac{V_0 t}{t_1} + V_0 = V_0 \left(1 - \frac{t}{t_1}\right). \quad (5)$$

Підставимо вираз (5) у рівняння (4) та отримаємо зміну тиску:

$$\frac{dp}{dx} = 2n\rho V_0 \left(1 - \frac{t}{t_1}\right) + \rho \frac{V_0}{t_1}. \quad (6)$$

Проінтегруємо рівняння (6) та визначимо тиск:

$$p = \int \left[\rho \frac{V_0}{t_1} + 2n\rho V_0 \left(1 - \frac{t}{t_1}\right) \right] dx, \quad (7)$$

з урахуванням форми каналу:

$$p = \rho \frac{V_0}{t_1} x + 2n\rho V_0 \left(1 - \frac{t}{t_1}\right) x + C. \quad (8)$$

У рівнянні (8) визначимо постійну інтегрування C , підставимо початкові умови та отримаємо:

$$C = p_0. \quad (9)$$

Підставимо рівняння (9) в рівняння (8) та отримаємо зміну тиску:

$$p = \rho \frac{V_0}{t_1} x + 2n\rho V_0 \left(1 - \frac{t}{t_1}\right) x + p_0. \quad (10)$$

Визначимо величину тиску в момент закриття клапана, що відповідає кінцевим умовам: $x = L$ та $t = t_1$:

$$\Delta p = p - p_0 = \rho \frac{V_0}{t_1} L. \quad (11)$$

На основі проведеного аналізу конструкцій дозаторів запропонована принципова нова схема мехатронного модуля для дозування рідких харчових продуктів (рис. 4).

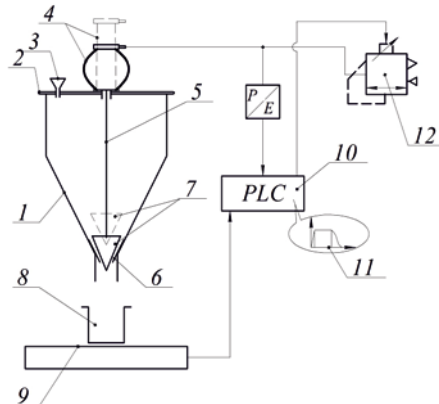


Рис. 4. Схема функціонального мехатронного модуля дозування рідкої харчової продукції з конічним клапаном: 1 — бункер; 2 — кришка; 3 — лійка; 4 — пневмоциліндр з гнучким корпусом; 5 — шток; 6 — сидло під клапан конічної форми; 7 — конусний клапан; 8 — споживча упаковка; 9 — тензоваги; 10 — аналогово-цифровий перетворювач, що задає закон руху 11; 12 — електронний датчик тиску; 13 — регулятор тиску з пропорційним керуванням

Точність дозування в запропонованій структурній системі відслідковується контролером шляхом одночасного аналізу переміщення клапана дозатора та ваги рідкого харчового продукту в споживчій упаковці.

Для перевірки працездатності нової конструкції дозуючого пристрою та адекватності отриманих аналітичних результатів виготовлено експериментальну установку функціонального мехатронного модуля дозування рідкої харчової продукції з конічним клапаном (рис. 5). Робота системи керування мехатронного модуля базувалась на розробленій математичній моделі реалізації заданого закону руху клапана прецизійного дозатора.

Приводом дозатора в мехатронному модулі дозування є пневмоциліндр з гнучким корпусом, а сигналом керування ним — змінне значення тиску. Швидкість зміни тиску та його миттєве значення забезпечувалось за допомогою регулятора з пропорційним керуванням. Точність дозування відслідковувалась зворотним зв'язком — тензовагами контролю рідкого харчового продукту в споживчій упаковці. Всі кінематичні та динамічні параметри роботи мехатронного модуля дозування фіксувалися комп'ютером у режимі реального часу.

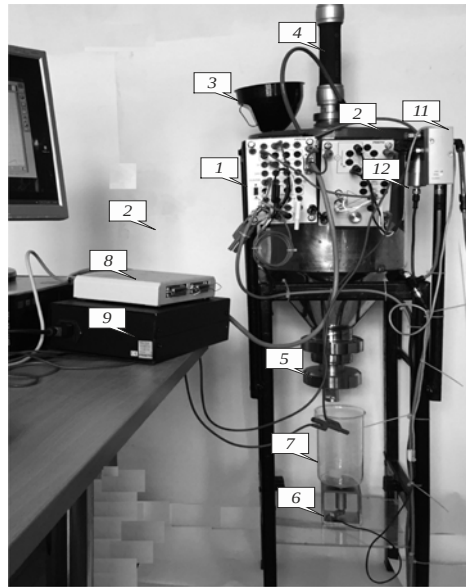


Рис. 5. Експериментальна установка функціонального мехатронного модуля дозування рідкої харчової продукції: 1 — бункер; 2 — кришка; 3 — лійка; 4 — пневмоциліндр з гнучким корпусом; 5 — сидло під конусний клапан; 6 — тензоваги; 7 — мірна ємність; 8 — аналогово-цифровий перетворювач; 9 — блок живлення; 10 — комп'ютер; 11 — регулятор тиску з пропорційним керуванням; 12 — електронний датчик тиску

На основі проведених експериментальних досліджень роботи функціонального мехатронного модуля дозування рідкої харчової продукції встановлена залежність зміни маси рідкого харчового продукту від часу та переміщення клапана прецизійного дозатора в реальному часі.

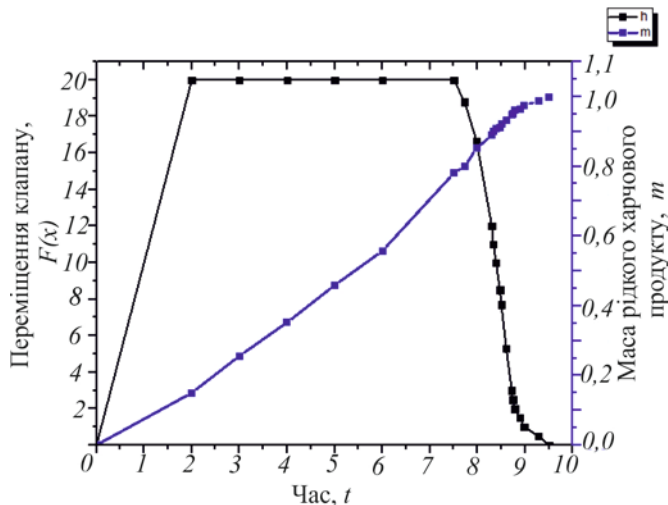


Рис. 6. Графік залежності переміщення клапана $x(t)$ та зміни маси рідкого харчового продукту m від часу t

Отримані характеристики роботи мехатронного модуля дозування рідкої продукції дають змогу внести подальші корективи в роботу системи керування та встановити залежність масових витрат рідкого харчового продукту як функцію зміни площі каналу дозування, який створюється між клапаном і сідлом (f) та тиску повітря (P) в пневмоциліндрі з гнучким корпусом (рис. 4).

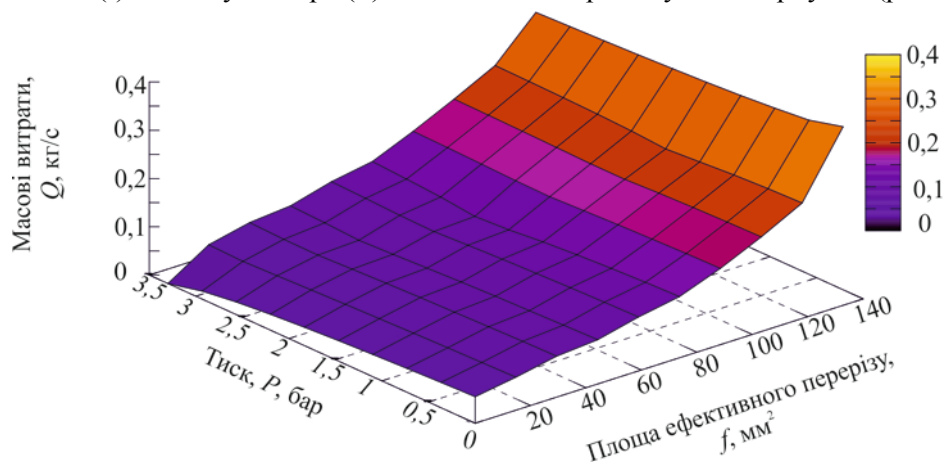


Рис. 7. Відгук масових витрат рідкого харчового продукту Q як функція зміни площі каналу дозування, що створюється між клапаном і сідлом (f), і тиску повітря (P) в пневмоциліндрі з гнучким корпусом

Висновки

На основі проведених досліджень функціонального мехатронного модуля дозування рідкої харчової продукції встановлено, що масові витрати рідкого харчового продукту через канал системи подачі продукту в тару зростають лінійно до моменту, коли площа каналу дозування починає перевищувати 80 mm^2 , після чого відбувається різке збільшення масових витрат до 40%. Зміна тиску повітря (P) в пневмоциліндрі з гнучким корпусом компенсує похибку дозування, яка виникає внаслідок впливу тиску рідини на клапан і під час дозування. Отримані результати дослідження надають можливість у подальшому визначити коефіцієнти коригування для реалізації заданого закону руху клапана, забезпечити високу точність дозування та збільшити швидкодію дозатора.

Література

1. Гавва О. М., Беспалько А. П., Волчко А. І., Кохан О. О. Пакувальне обладнання: підручник. Київ: ІАЦ Упаковка, 2010. 746 с.
2. Горчакова О. М., Якимчук М. В., Деренівська А. В., Беспалько А. П. Методологія проєктування пакувальних машин на основі мехатронних модулів. *Харчова промисловість*. 2016. № 19. С. 105—112.
3. Якимчук М. В., Горчакова О. М., Токарчук С. В., Валіулін Г. Р. Дослідження впливу тиску рідкого харчового продукту на закон переміщення клапана прецензійного дозатора. *Харчова промисловість*. 2018. № 24. С. 125—130.
4. Герц Е. В. Динамика пневматических систем машин. Москва: Машиностроение, 1985. 255 с.
5. Horchakova O., Iakymchuk M., Havva O., Mykhailik B. Research of mechatronic modules of dosing weighing devices for liquid products. *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*. 2017. No. 12. P. 27—32.

SIMULATION MODELING OF RATIONAL PARAMETERS OF FUNCTIONAL MODULES OF PACKING LINE

A. Derenivska, L. Kryvoplias-Volodina, S. Tokarchuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Packaging line
Packaging machines
Functional modules
Multicriteria synthesis
Simulation*

Article history:

Received 07.10.2019
Received in revised form
21.10.2019
Accepted 13.11.2019

Corresponding author:

A. Derenivska
E-mail:
anastasya.d@gmail.com

ABSTRACT

The article presents the results of the research of the packaging line using a multicriteria synthesis approach of the packaging line as a flow technical system. It consists of three components: a group of devices, a group of software, a group of ergatic means (human operator or group of operators, staff), which are involved in the implementation of the system's functions, are closely interconnected with each other, have spatiotemporal relationships which directly affect on the effectiveness of the system's result rather than be in isolation (it's possible to adjust the efficiency of the function implementation by one component with the help of the other two).

Using the approach of choice of effective modes of implementation of joint interaction of functional modular subsystems allowed to solve the design task of assessment of the multifunctional system reliability for each function separately, to normalize the parameters of each functional subsystem, to evaluate each variant of machine building product design in terms of design, cost and evaluating of the quality and competitiveness of the entire packaging line.

The analysis of the work of the technical system's components was based on the principle of functional-modular construction with using a multi-stage process of packaging and providing a flowing production method. Simulation modeling of step-by-step movement of products during packing, analysis of intensity of movement of products in transport systems and functional modules provided an opportunity to: justify the degree of loading of the same type of functional modules to predict their optimal quantity; distribute product flow between functional modules; determine rational kinematic parameters of transport systems and modules; explore a model of continuous movement with reorientation and distribution of material flows; to predict the uniformity of output based on a single design cycle of the packaging line.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОДУЛІВ ПАКУВАЛЬНОЇ ЛІНІЇ

А. В. Деренівська, Л. О. Кривопляс-Володіна, С. В. Токарчук

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати дослідження пакувальної лінії за допомогою методу багатокритеріального синтезу як потокової технічної системи. До її складу ввійшли три компоненти: група технічних засобів, група програмних засобів, група ергатичних засобів (людина-оператор або група операторів, персонал), які беруть участь у реалізації функцій системи, знаходяться в тісному взаємозв'язку. З'ясовано, що між цими компонентами існують просторово-часові відношення, які впливають на ефективність результату системи безпосередньо, а не ізольовано (існує можливість коригування ефективності реалізації функції одним компонентом за допомогою двох інших).

Використання моделі вибору ефективних режимів реалізації сумісної взаємодії функціональних модульних підсистем дало змогу розв'язати задачу проектно-ї оцінки надійності багатфункціональної системи за кожною функцією окремо, провести нормування показників кожної функціональної підсистеми, оцінити кожний варіант конструкції машинобудівного виробу з точки зору витрат на його проектування, виготовлення й експлуатацію та провести оцінку якості й конкурентоспроможності пакувальної лінії загалом.

Проаналізовано роботу складових технічної системи на основі принципу функціонально-модульної побудови із застосуванням організації багатостадійного процесу пакування та забезпечення потокового методу виробництва. Імітаційне моделювання поетапного переміщення продукції під час пакування, аналіз інтенсивності переміщення продукції у транспортних системах і функціональних модулях надає можливість: обґрунтувати ступінь завантаженості однотипних функціональних модулів, передбачити їх оптимальну кількість; розподілити потік продукції між функціональними модулями; визначити раціональні кінематичні параметри роботи транспортних систем і модулів; дослідити модель безперервного переміщення з переорієнтуванням та розподіленням матеріальних потоків; передбачити рівномірність випуску продукції на основі єдиного розрахункового такту лінії пакування.

Ключові слова: *пакувальна лінія, пакувальна машина, функціональний модуль, багатокритеріальний синтез, імітаційна модель.*

Постановка проблеми. Синтез інноваційної пакувальної лінії передбачає необхідність аналізу, систематизації та вибору складових технологічних машин, пакувальних машин, транспортних систем. Аналіз роботи складових технічної системи, на основі принципу функціонально-модульної побудови облад-

нання, проведено із застосуванням організації багатостадійного процесу пакування та забезпечення потокового методу виробництва. Для імітаційного моделювання пакувального обладнання необхідно вирішити такі завдання: розподілення вхідного потоку продукції між однотипними модулями; контроль продуктивності; забезпечення однакової завантаженості однотипних модулів; визначення необхідної кількості функціональних модулів; обґрунтування режимів роботи всіх складових елементів лінії пакування; формування одного впорядкованого матеріального потоку продукції на заключних етапах пакування [1—3]. Багатостадійний процес пакування із забезпеченням потокового методу відбувається у пакувальних машинах, міжмашинних транспортних системах і перевантажувальних пристроях пакувальної лінії.

Вибір та обґрунтування раціональних параметрів відповідно до виду самої продукції, конструкції упаковки, виду матеріалу упаковки здійснено за умови забезпечення мінімальних матеріало- та енергозатрат, мінімального або обмеженого використання виробничої площі. Основними параметрами для вибору того чи іншого обладнання є технологічні (продуктивність, режим роботи, ступінь універсальності, рівень автоматизації, кількість виконуваних операцій) і технічні (робочий тиск і температури; частота обертання виконавчих органів; допустимі умови експлуатації; умови сумісності механізмів, пристроїв, модулів між собою; габаритні розміри і маса; показники енергоспоживання, зокрема споживана електрична потужність, напруга тощо). Важливими також є економічні показники: ступінь економічної доцільності використання даного обладнання в процесі виробництва; ефективність капітальних витрат на його придбання, установка і запуск в експлуатацію; терміни окупності пакувальної машини, пакувальної лінії тощо.

Мета статті: навести результати визначення раціональних параметрів складових елементів пакувальної лінії шляхом імітаційного моделювання за умови організації багатостадійного процесу пакування та забезпечення потокового методу виробництва.

Викладення основних результатів дослідження. Розглянемо будову потоково-технологічної лінії з різною складністю компоновки та вимогами експлуатації для встановлення функціональних, параметричних і критеріальних обмежень та розроблення методу багатокритеріального структурно-параметричного синтезу пакувальної машини на основі функціональних модулів (ФМ). Із математичної точки зору, вхідні параметри майбутньої моделі ФМ у складі потокової технологічної лінії (ПТЛ) — це сукупність значень $x_1, x_2, \dots, x_N$, які характеризують стан системи у певний момент часу $t=t_0$. Величини x_i можуть набувати довільних значень, причому двом різним наборам величин x_i і x'_i відповідають два різні стани. Позначимо ці параметри $x_i, i=1, \dots, n$, причому кількість цих параметрів n може бути великою [4—9].

Зв'язок між процесами проектування і технологічної підготовки виробництва є двостороннім, оскільки часто потрібно відкоригувати характеристики виробу відповідно до існуючого обладнання і навпаки. Відношення між

станами входів і виходів (спосіб дії процесу Π) будемо розглядати як математичне перетворення вектора X у вектор Y у вигляді $Y = F(X)$:

$$\varphi : X \xrightarrow{F} Y; \quad \Pi : Res \rightarrow Prod, \quad (1)$$

де X , Y — відповідно, множина затрачених ресурсів та обсяг випущеної продукції.

У процесі моделювання проводиться оцінка відповідності характеристик ФМ вимогам експлуатації ПТЛ пакування. Інформація про відмови та інші недоліки, зміну умов експлуатації передається на етап проєктування й розроблення. Взаємозв'язок між процесами дає змогу проводити вимірювання та аналіз даних, застосовувати коригувальні та запобіжні дії, застосовувати методи запобігання втратам, що сприятиме постійному поліпшенню поточних і майбутніх проєктів, підвищенню їх ефективності. Контроль процесів передбачає контроль взаємодій, який сприяє усуненню заторів або зайвих енерговитрат.

На підставі аналізу етапів роботи функціонального модуля у складі пакувальної машини або лінії розглянемо композицію таких рівнів: 1 — виріб як об'єкт експлуатації; 2 — виріб як об'єкт виготовлення; 3 — виріб як об'єкт удосконалення. Зауважимо, що рівень експлуатації виробу (функціонального модуля) є первинним, рівень виготовлення — вторинним, а рівень удосконалення — третинним. Рівні взаємозв'язані між собою за допомогою прямих і зворотних зв'язків, які забезпечують безперервні потоки інформації про умови експлуатації виробу (технологічної системи), а також про забезпечення властивостей виробу на рівні вдосконалення і виготовлення. Такий підхід надає можливість урахувати всі функціональні особливості експлуатації виробу в процесі його виготовлення і вдосконалення. Сучасні складні ФМ у складі пакувальних ліній можна розглядати як самостійно функціонуючі технічні системи. Сукупність характеристик виробу визначається типом, складом та якістю великої кількості елементів і підсистем, які взаємодіють між собою й об'єднані в систему для досягнення певної мети. Чим більша кількість елементів і підсистем, зв'язків між ними і станів, у яких вони можуть перебувати, тим більш складна технічна система. У свою чергу, проєктування і виготовлення ФМ обладнання також здійснюється багатофункціональними і багатоеlementними системами.

У складі потокової технологічної системи (ПТС) пакувальної лінії у загальному випадку можуть бути виділені три різні компоненти — комплекс технічних засобів (КТЗ), програмне забезпечення (ПЗ) і оперативний персонал (ОП). Названі три компоненти впливають на ефективність результату системи не ізольовано, а в тісному взаємозв'язку один з одним, що виражається у можливостях одного коригувати ефективність реалізацій функцій двома іншими. Між компонентами діють просторово-часові відношення. У зв'язку з тим, що системи є багатофункціональними і виконуваними ними функції можуть істотно відрізнятися, при розгляді багатьох питань використовується функціональний підхід. При цьому для розгляду питань за j -ю функцією із складу всіх елементів виділяється група технічних, програмних і

ергатичних (людина-оператор або група операторів, персонал) елементів, що беруть участь у виконанні цієї функції (рис. 1).

Ця група елементів утворює j -у функціональну підсистему (j -а ФПС або ФПС j) системи. Саме ця ФПС j підлягає аналізу при розгляді характеристик системи відносно тієї, що реалізується нею j -у функцію.

До складу ФПС j (як і до складу системи в цілому) в загальному випадку входять три компоненти: група технічних засобів, що беруть участь у реалізації j -ї функції (j -а функціональна підсистема КТЗ — ФП_{КТЗ}); група програмних засобів, які беруть участь у реалізації j -ї функції (j -а функціональна підсистема ПЗ — ФП_{ПЗ}); група ергатичних засобів, які беруть участь у реалізації j -ї функції (j -а функціональна підсистема ОП — ФП_{ОП}). Одним із найважливіших складників якості сучасної системи, що значною мірою визначає ефективність її функціонування у реальних умовах експлуатації, є надійність.

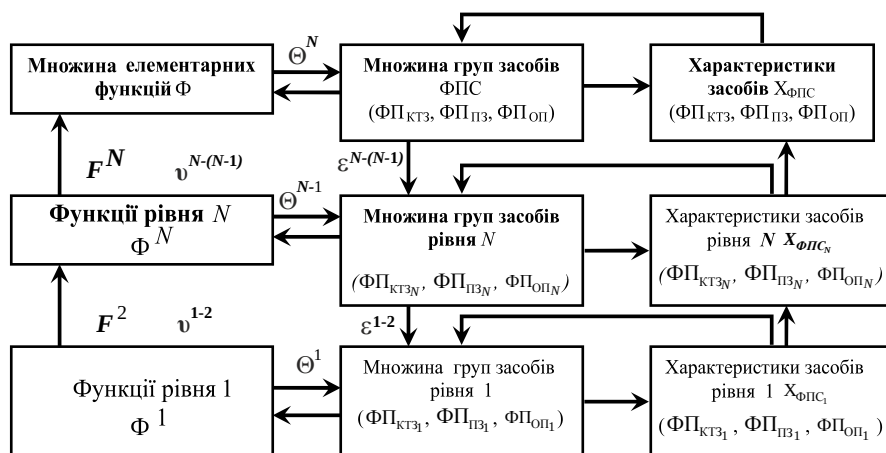


Рис. 1. Ієрархічна структура функціональної модульної підсистеми

Для переважної більшості систем, що розглядаються, основними складовими надійності є складові безвідмовності та ремонтпридатності. Усі групи засобів можуть бути диференційовані на дві множини елементів функціональної підсистеми: готових на момент часу t до оперативного використання і неготових. У результаті множина елементів системи засобів може бути подана як:

$$\Phi П = \Phi П^Г \cup \Phi П^{Г*} \cup \Phi П^{Г*,C}, \quad (2)$$

де $\Phi П^Г$ — множина елементів, готових до оперативного використання на момент часу t ; $\Phi П^{Г*}$ — множина елементів, не готових до оперативного використання (стримувальні елементи); $\Phi П^{Г*,C}$ — множина критичних елементів системи засобів. Комплексними показниками готовності ФПС є: коефіцієнт готовності (K_G) і коефіцієнт оперативної готовності (K_{OG}). Оцінка надійності функціонування персоналу містить імовірність безвідмовної роботи окремого

виконавця з урахуванням надійності зв'язаних із ним технічних засобів та інформаційного забезпечення (програмних засобів):

$$P_{\Phi\Pi_{\text{оп}}} = (P_0 P_1 [P_2 (1 - P_0) + P_0] P_3 (1 - P_4)) [1 - P_{\Phi\Pi_{\text{ктз}}} (1 - P_0)]^2, \quad (3)$$

де P_i — імовірність; P_0 — виконання персоналом необхідних дій; P_1 — своєчасний прийом і обробка інформації програмним забезпеченням; P_2 — правильне рішення, прийняте персоналом; P_3 — правильна реалізація рішень; P_4 — реалізація контролю, у тому числі самоконтролю; $P_{\Phi\Pi_{\text{ктз}}}$ — імовірність відмови технічних засобів. Опис надійності багатофункціональної системи проводиться за кожною функцією (за кожною ФПС) окремо. Розв'язання задачі проєктної оцінки надійності системи, що має N функцій, зводиться до N -разового повторення розв'язання задачі для однієї ФПС і її трьох компонентів (приватних підсистем – ФПКТС, ФППО і ФПОП) з урахуванням відмов (помилки). Наявність у ФПС трьох компонентів (приватних підсистем — ФПКТС, ФППО і ФПОП), відмови (помилки). Між ієрархією функцій (перетворень) та ієрархією функціональних підсистем існує відповідність. Взаємозв'язок множини функцій (Φ) і множини груп засобів (ФПКТС, ФППО, ФПОП) визначається за всіх рівнями ієрархії. На кожному рівні декомпозиції μ функції $\Phi_{ij}^{\mu} \in \Phi^0$ відповідає множина $\{\Phi_{ij}^{\mu}\}_Y$ типів засобів (j — індекс функції на рівні ієрархії, l — кількість функцій на рівні ієрархії). Тип засобу забезпечує принципову можливість виконання функції. Таким чином задається множинне відображення системи Φ на підсистемі ФПС.

Система засобів будується за принципом взаємозв'язку рівнів: формується як множина елементарних засобів $\Phi\Pi = \{\Phi\Pi^0, \Phi\Pi^1, \dots, \Phi\Pi^{\mu-1}\}$, кожен із яких забезпечує виконання окремої елементарної функції множини $\Phi = \{\Phi\Pi^0, \Phi\Pi^1, \dots, \Phi\Pi^{\mu-1}\}$. При аналізі функціональних підсистем спостерігається багатовимірність їхніх показників, тому в практичних розрахунках може бути використаний кластерний аналіз. Для безпосередньої класифікації функціональних підсистем необхідно провести нормування їхніх показників. Один із підходів передбачає перетворення показників шляхом відображення інтервалу їх можливих значень в інтервалі $[0; 1]$. Це здійснюється за допомогою системи:

$$\begin{cases} X_{\Phi\Pi_{ij}}^H = \frac{X_{\Phi\Pi_{ij}} - X_{\Phi\Pi_{\min_j}}}{X_{\Phi\Pi_{\max_j}} - X_{\Phi\Pi_{\min_j}}}; \\ X_{\Phi\Pi_{\max_j}} = \max_i \{X_{\Phi\Pi_{ij}}\}, X_{\Phi\Pi_{\min_j}} = \min_i \{X_{\Phi\Pi_{ij}}\}, \end{cases} \quad (4)$$

де $X_{\Phi\Pi_{ij}}^H$ — нормований i -й показник j -ї функціональної підсистеми; $X_{\Phi\Pi_{ij}}$ — значення i -го показника j -ї функціональної підсистеми.

Класифікація функціональних підсистем за деревом найкоротших відстаней передбачає побудову дерева та обчислення середнього значення відстаней між його вершинами, яке береться за граничне:

$$\bar{\rho} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \rho_k. \quad (5)$$

Далі визначаються максимуми, тобто такі відстані, для яких виконується нерівність виду:

$$\rho_{k*-1} < \rho_{k*} < \rho_{k*+1}. \quad (6)$$

Усі знайдені максимальні значення порівнюються із граничним $\bar{\rho}$. Отже, функціональну підсистему можна подавати у вигляді сукупності ієрархічно організованої множини: елементарних функцій Φ^N , груп засобів ($\Phi_{\text{КТЗ}}$, $\Phi_{\text{ПЗ}}$, $\Phi_{\text{ОП}}$), що беруть участь у реалізації функції на кожному рівні й відповідних їм характеристик $X_{\text{ФПС}}$. Множина елементарних функцій Φ^N за зв'язками Θ^N визначає множину груп $\Phi_{\text{ПС}}^N$ та елементарних засобів ($\Phi_{\text{КТЗ}_{\text{IN}}}$, $\Phi_{\text{ПЗ}_{\text{IN}}}$, $\Phi_{\text{ОП}_{\text{IN}}}$). Усередині множини $X_{\text{ФПС}}^N$ за зв'язками Θ^N формується множина характеристик $X_{\text{ФПС}}^N$ ($X_{\text{ФПС}_i}^N \in X_{\text{ФПС}}^N$), які забезпечують ефективність виконання функцій в умовах обмежень на параметри.

Кожен елемент системи засобів $\Phi_{\text{П}_i} \in \Phi_{\text{ПС}}^0$ може бути описаний, крім зв'язків Θ і ε , характеристиками готовності Γ і стримування C :

$$\Phi_{\text{П}}^0 = \bigcup_{\mu=1}^N \Phi_{\text{П}}^{\mu} (\Theta^{\mu}, \varepsilon^{\mu}, \Gamma^{\mu}, C^{\mu}). \quad (7)$$

Реалізація цього підходу відображає спрямоване формування заданих властивостей ПТЛ. Процес створення ПТЛ передбачає послідовне перетворення потреб у реалізації цільового призначення в чітко сформульовані специфічні вимоги. Характеристики якості продукції виробничо-технічного призначення визначаються типом, складом і діапазоном параметрів функціональних підсистем та їх елементів, які виконують різні функції у процесі проєктування і виготовлення.

Побудова ПТС пакувальних ліній потребує реалізації відповідних етапів перетворень (рис. 2). Модель системи перетворень складається з об'єктів (елементів, функціональних модулів підсистем) певного ієрархічного рівня: технічних ($\Phi_{\text{КТЗ}_j}$), програмних засобів ($\Phi_{\text{ПЗ}_j}$) та оперативного персоналу ($\Phi_{\text{ОП}_j}$), що є одночасно операторами й операндами системи. Вони здійснюють цілеспрямовану дію матеріального $S_N(t_K)$, енергетичного $E_N(t_K)$ та інформаційного $I_N(t_K)$ типів на об'єкт перетворення. У результаті процесу проєктування і розроблення здійснюється зміна стану продукції від формулювання вимог (технічного завдання) щодо створення (модернізації) до втілення їх у нових (модернізованих) дослідних зразках, конструкторської ($I_{\text{ТР}_B}$), технологічної ($I_{\text{ФПС}_{\text{Вр}}}$) та іншої документації проєкту.

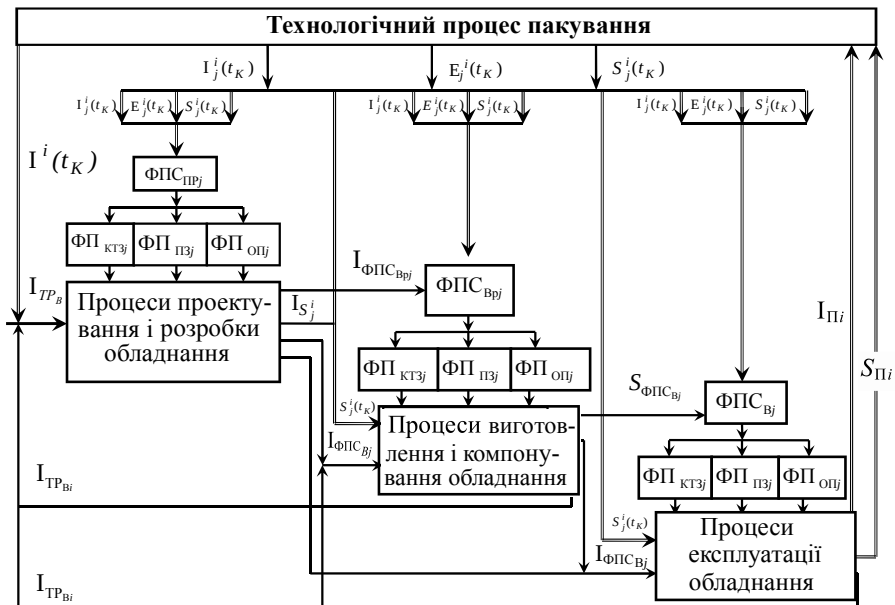


Рис. 2. Модель системи перетворень на етапах побудови ПТС пакувальних модулів:
 ΦPC_{Bj} — функціональна підсистема j -го виробу; ΦPC_{Bpj} — функціональна підсистема виготовлення j -го виробу; $\Phi PC_{Прj}$ — функціональна підсистема проектування j -го виробу;
 I_{TP_B} — інформація, що містить вимоги до виробу; $I_{\Phi PC_{Bp}}$ — інформація, що містить вимоги до функціональної підсистеми виготовлення виробу; $I_{\Phi PC_B}$ — інформація, що містить вимоги до умов виготовлення й експлуатації виробу; $S_j^i(t_K)$ — матеріали і комплектуючі для виготовлення виробів; $S_{\Phi PC_B}$ — виготовлений виріб (продукція виробничо-технічного призначення)

У найбільш загальному вигляді відповідно до моделі стану виріб $\Phi\PiС_{B_j}$ на етапах створення, у кожен момент часу, може характеризуватися двома наборами змінних $x(k) = \{x_1(k), \dots, x_n(k)\}$ і $u(k) = \{u_1(k), \dots, u_r(k)\}$. Вектори $x(k)$ визначають перебування виробу на k -му етапі й називаються змінними. На основі інформації про виріб ($I_{\Phi\PiС_{B_j}}$), характеристик функціональної підсистеми $\Phi\PiС_{B_{pj}}$, матеріалів і комплектуючих $S_j^i(t_k)$ виготовляють продукцію виробничо-технічного призначення $\Phi\PiС_{B_j}$ і проводять контроль якості й промислові випробування. Процеси експлуатації $\Phi\PiС_{B_j}$ пов'язані з реалізацією, підтримкою і відновленням якості виробу.

При взаємодії функціональних підсистем ФПС _і	та їхніх елементів (ФП _{КТЗі} ; ФП _{ПЗі} ; ФП _{ОПі})
---	--

виникають проблеми взаємозв'язку цілей і завдань, вибору раціональних діапазонів характеристик. Одне й те ж завдання може бути вирішене різними засобами.

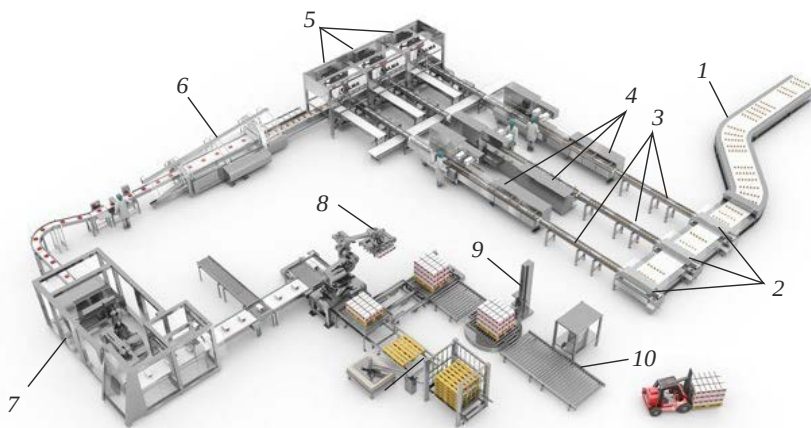


Рис. 3. Схема лінії пакування мафінів

Авторами статті запропоновано методологічний підхід на основі застосування програмного комплексу AnyLogic. Багатостадійний процес пакування штучної продукції розглянемо на прикладі лінії для створення групової упаковки мафінів (рис. 3). Вона складається з подавального конвеєра 1, по якому рухаються ряди по 6 мафінів, перевантажувальних пристроїв 2, які позиціонують мафіни на конвеєрі 1, а потім перевантажують на стрічкові конвеєри 3, модулів 4 для пакування продукції в упаковку типу «Флоу-Пак» з формуванням групової упаковки у вигляді стрічки з трьох окремо пакованих мафінів, модулів 5 для вкладання мафінів у картонну коробку, де вони вкладаються по три, модуля 6 — закривання кришки картонної коробки, модуля 7 — формування групової упаковки, маніпулятора 8, магазину піддонів 9, модуля створення транспортної упаковки 10, відвідного роликowego конвеєра 11.

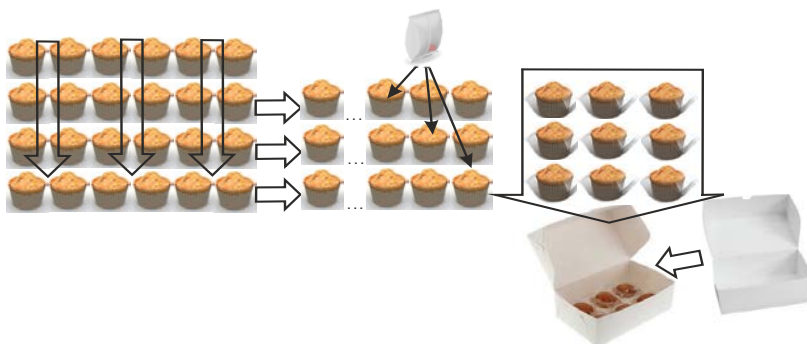


Рис. 4. Схема матеріальних потоків технологічного процесу формування групової упаковки продукції

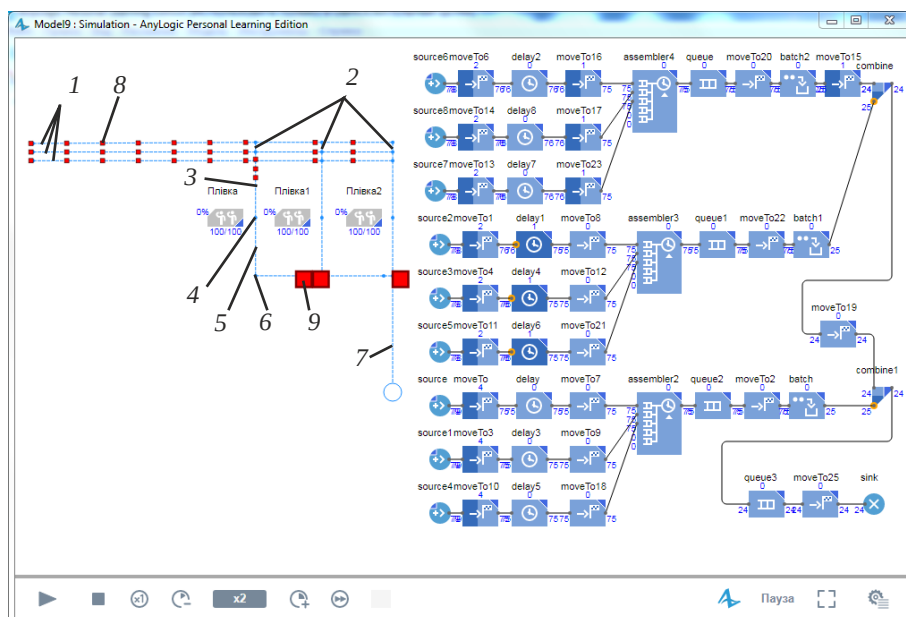


Рис. 5. Вікно симуляції AnyLogic технологічного процесу формування групової упаковки продукції

Перелік і характеристики критеріїв переваги ФПС_і і комплекси заходів щодо їх удосконалення спрямовані на виконання цільових вимог ЖЦВ за рахунок розвитку елементів підсистем. Зміни цільових вимог у системах вищого порядку — економічних, екологічних та інших потреб — формують комплексні критерії переваги характеристик виробу ФПС_{Ві}. Принциповими особливостями процесів життєвого циклу виробництва є динаміка і невизначеність витрат, термінів, результатів та інших параметрів. 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 виробу:

$$x(k) \in X_k \quad (k = 0, 1, \dots, N). \quad (8)$$

Висновки

У результаті проведення імітаційного моделювання стало можливим визначення оптимальних характеристик роботи функціональної підсистеми виробництва виробу за k етапів. 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 $f_{n-1} (l = 0, k - 1)$ здійснюється за початковою умовою $f_0(X_{\text{ФПС}_k}) = 0$, яка означає, що за межами кінцевого стану функціональної підсистеми виробу ефект дорівнює нулю. Удосконалення існуючих і розроблення нових методів багатокритеріального синтезу потокової технічної системи за заданими характеристиками на основі системного підходу до оцінки їхньої якості та конкурентоспроможності є актуальним і надзвичайно важливим для вітчизняного машинобудування завданням. Використання моделі вибору ефективних режимів реалізації сумісної взаємодії функціональних модульних підсистем дало змогу оцінити кожен варіант конструкції машинобудівного виробу з точки зору витрат на його проектування, виготовлення й експлуатацію.

Імітаційне моделювання поетапного переміщення продукції під час пакування, аналіз інтенсивності переміщення продукції у транспортних системах та функціональних модулях надає можливість: обґрунтувати ступінь завантаженості однотипних функціональних модулів передбачити їх оптимальну кількість; розподілити потік продукції між функціональними модулями; визначити раціональні кінематичні параметри роботи транспортних систем та модулів; дослідити модель безперервного переміщення із переорієнтуванням та розподіленням матеріальних потоків; передбачити рівномірність випуску продукції на основі єдиного розрахункового такту лінії пакування.

Література

1. Бурляй Ю. В., Сухой Л. А. Оборудование для укладки и упаковки штучных изделий в тару. Москва: Машиностроение, 1975. 280 с.
2. Деренівська А. В., Кривоप'яс-Володіна Л. О. Дослідження процесів розділення підпресованих сирних блоків на порції в перевантажувальних пристроях. *Вібрації в техніці та технології*, 2008. № 3(52). С. 84—87.
3. Гавва О. М., Кривоп'яс-Володіна Л. О., Деренівська А. В. Синтез просторових потовотранспортних систем ліній пакування харчових продуктів. *Scientific Works of ONAFT*. 2016. Volume 80, Issue 1. P. 131—138.
4. Akesson J., Braun W., Lindholm P., and Bachmann B. generation of sparse jacobians for the functional mockup interface 2.0. *Modelica: proceedings of 9th International Conference: Munich, 2012*. P. 185—186.
5. Benveniste A., Caillaud B., Pouzet M. The fundamentals of hybrid systems modelers. *Decision and Control (CDC): proceedings of 49th IEEE International Conference: Atlanta, Georgia, USA, 2010*. P. 21—26.
6. Blochwitz T., Otter M., Arnold M., Bausch C., Clauß C., Elmquist H., Junghanns A., Mauss J., Monteiro M., Neidhold T., Neumerkel D., Olsson H., Peetz J.-V., Wolf S. The functional mockup interface for tool independent exchange of simulation models. *Modelica: proceedings of 8th International Conference: Dresden, 2011*. P. 105—114.
7. Blochwitz T., Otter M., Arnold M., Bausch C., Clauß C., Elmquist H., Junghanns A., Mauss J., Monteiro M., Neidhold T., Neumerkel D., Olsson H., Peetz J.-V., Wolf S. The functional mockup interface for tool independent exchange of simulation models. *Modelica: proceedings of 9th International Conference: Munich, 2012*. P. 173—184.
8. Kübler R., Schiehlen, W. Two methods of simulator coupling. *Taylor & Francis Journals: Mathematical and Computer Modeling of Dynamical Systems, 2000*. Vol. 6(2), p. 93—113.
9. Lee E. A., Zheng H. Leveraging synchronous language principles for heterogeneous modeling and design of embedded systems. *Embedded software: proceedings of the 7th ACM & IEEE international conference: Salzburg, Austria, 2007*. P. 114—123.

THE INFLUENCE OF PROFILING THE CONICAL PART OF THE INSULATOR ON THE MAXIMUM VOLTAGE OF THE ELECTRICAL FIELD IN ITS CEMENT-SAND BED

V. Brzhezytskyi, Y. Haran

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

M. Laposha, I. Maslyuchenko

The State Enterprise “National Nuclear Energy Generating Company “Energoatom”

Key words:

*High-voltage suspension insulator
Cement-sand bed
Electric field intensity
Electromagnetic interference*

Article history:

Received 11.10.2019
Received in revised form 23.10.2019
Accepted 19.11.2019

Corresponding author:

M. Laposha

E-mail:

laposha1990@gmail.com

ABSTRACT

High-voltage insulators are one of the main elements that determine the reliability of the transmission of electricity from places of its production to consumers using overhead transmission lines. The most sensitive element in assessing the quality of insulators is their levels of electromagnetic interference that affect the environment and, more importantly, lately, the quality of Internet connection, radio and television.

An analysis of research on improving technical specifications for high-voltage insulators poppet on which revealed that for the requirements of electromagnetic interference insulators required study of the electric field in their cement-sand bond. It was previously found that the most intense in prison is the area of the tapered rod insulator, where the most evident effect of an electric field. Improvement of the insulator design was proposed, the implementation of which is to profile the conical part of the core and at the same time ensure the equivalence of the insulator models with the condition of equality of both compression stresses and shear stresses of the cement-sand bed.

Using the calculation model, the size of the conical part of the core was varied, and the geometrical parameters were obtained during profiling. It was shown that the proposed profiling of the conical part of the insulator core decreases the maximum electric field strength by 2.14 times. It was experimentally confirmed that the profile of the conical part of the insulator core will reduce the level of electromagnetic interference of insulators by 16...29 dB at test voltages of 10...30 kV. The results can be used to create new designs of high-voltage line insulators poppet with improved performance on the level of electromagnetic interference.

ВПЛИВ ПРОФІЛЮВАННЯ КОНІЧНОЇ ЧАСТИНИ СТРИЖНЯ ІЗОЛЯТОРА НА МАКСИМАЛЬНУ НАПРУЖЕНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ В ЙОГО ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНОМУ ЗАКЛАДЕННІ

В. О. Бржезицький, Я. О. Гаран

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»*

М. Ю. Лапоша, І. М. Маслюченко

*Державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія
“Енергоатом”»*

Одними з основних елементів, що визначають надійність передачі електроенергії від місць її виробництва до споживачів повітряними лініями електропередач є високовольтні ізолятори. Найбільш чутливою ланкою в оцінці якості ізоляторів є їхні рівні електромагнітних завад, які впливають на екологію навколишнього середовища, і, що особливо важливо в останній час, — на якість Інтернет-зв'язку, радіо- і телебачення.

У статті проведено аналіз стану досліджень питань підвищення технічних характеристик високовольтних тарілчастих ізоляторів, за яким встановлено, що для забезпечення вимог до рівня електромагнітних завад ізоляторів необхідне проведення дослідження напруженості електричного поля в їх цементно-піщаному закладенні. Попередньо показано, що найбільш напруженою в ізоляторі є область конічної частини стрижня ізолятора, де максимально проявляється дія електричного поля. Запропоновано вдосконалення конструкції ізолятора, виконання якого полягає у профілюванні конічної частини стрижня та одночасному забезпеченні еквівалентності моделей ізолятора за умовою рівності як напружень стискування, так і напружень зрізу цементно-піщаної зв'язки.

Використовуючи розрахункову модель, проведено варіювання розмірів конічної частини стрижня, за яким отримано розрахункові геометричні параметри при профілюванні. Показано, що при запропонованому профілюванні конічної частини стрижня ізолятора відбувається зменшення максимальної напруженості електричного поля в 2,14 раза. Експериментально підтверджено, що профілювання конічної частини стрижня ізолятора дасть змогу знизити рівень електромагнітних завад ізоляторів на 16...29 дБ при випробувальних напругах 10...30 кВ. Результати можуть бути використані для створення нових конструкцій високовольтних лінійних тарілчастих ізоляторів з покращеними характеристиками рівня електромагнітних завад.

Ключові слова: високовольтний лінійний тарілчастий ізолятор, цементно-піщана зв'язка, напруженість електричного поля, електромагнітна завада.

Постановка проблеми. Передача електроенергії від місць її виробництва до споживачів відбувається переважно, повітряними лініями електропередач,

що потребує надійного функціонування їх основних елементів, у тому числі високовольних ізоляторів.

Лінійні підвісні ізолятори являють собою систему, що складається з чавунної шапки, сталевго стрижня, ізоляційної деталі та цементно-піщаного закладення (ЦПЗ). В процесі експлуатації ізолятори піддаються одночасному впливу електричних і механічних навантажень при зміні навколишніх зовнішніх умов [1].

Щоб ізолятори зберігали свої характеристики протягом багатьох років, повинні бути детально відпрацьовані технологічні процеси їх виготовлення, проведений ряд електромеханічних випробувань. Також мають бути опрацьовані методи конструювання, визначені фізико-механічні та електрофізичні характеристики високовольних ізоляторів, у тому числі за допомогою розрахунку картини дії електричного поля [2].

У високовольних лінійних тарілчастих ізоляторах ізоляційна деталь і ЦПЗ знаходяться під основним електричним навантаженням. Фізичний стан ЦПЗ характеризується певним вмістом повітря (пористістю), що впливає на електричну провідність зв'язки, яка, у свою чергу, впливає на внутрішню електричну міцність ізолятора, роблячи зв'язку вразливою до впливу сильного електричного поля [3].

При застосуванні до ізолятора механічного навантаження, тобто розтягуючого зусилля, в його силовому вузлі відбувається розподіл механічних напружень, який залежить від конфігурації та фізико-механічних властивостей складових елементів високовольного ізолятора [4].

Багаторічна практика проведення випробувань ізоляторів показала, що найбільш чутливою ланкою в оцінці якості ізоляторів є їхні рівні електромагнітних завад, які у свою чергу, впливають на екологію навколишнього середовища, і, що особливо важливо останнім часом, — на якість Інтернет-зв'язку, радіо- і телеєфіру.

У зв'язку зі зростанням вимог до зниження рівня електромагнітних завад ізоляторів [5] виникає необхідність проведення досліджень впливу видозміни конструкції ізолятора на максимальну напруженість електричного поля в його цементно-піщаному закладенні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню підвищення технічних характеристик високовольних тарілчастих ізоляторів, їх надійності в процесі експлуатації приділяється значна увага.

Так, у [6] наведено результати розрахунків напруженості електричного поля в об'ємі скляного ізолятора шляхом моделювання поля за допомогою методу кінцевих елементів, який реалізовано в пакетах Maxwell та CST EM Studio. Проведене моделювання [6] показує, що небезпечні напруженості поля виникають на поверхнях ЦПЗ як стрижня, так і шапки в місцях контакту з повітрям. Такі значення полів можуть призводити до появи поверхневих розрядів на його внутрішній і зовнішній поверхнях, що в результаті може ініціювати перекриття всього ізолятора.

Авторами експериментальних і теоретичних досліджень зразків ізоляторів типу ПС120Б, які знаходились в експлуатації на повітряних лініях, [7] дове-

дено, що при напрузі 30 кВ на їх внутрішній поверхні виникають поверхневі розряди, які можуть ініціювати перекриття всієї гірлянди ізоляторів. Результати розрахунку напруженості електричного поля в об'ємі ізолятора за [7] показали, що максимального значення напруженість поля досягає на поверхні ЦПЗ на ділянці стрижня, що може призводити до появи високочастотних коливань та відповідних перенапруг на ізоляції повітряних ліній.

У [8] представлено спосіб розрахунку електричного поля тривимірної моделі високовольтних ізоляторів за допомогою програмного забезпечення на основі методу кінцевих елементів. Порівняння результатів розрахунків та експериментальних даних показало, що моделювання [8] є корисним як для розрахунку електричного поля високовольтних ізоляторів, так і для проектування високовольтних ліній електропередач.

Аналіз публікацій авторів [6—8] показав, що для забезпечення вимог до рівня електромагнітних завад ізоляторів необхідне проведення дослідження розподілення напруженості електричного поля в їх цементно-піщаному закладенні.

Метою статті є дослідження впливу профілювання конічної частини стрижня ізолятора на максимальну напруженість електричного поля в його цементно-піщаному закладенні.

Викладення основних результатів дослідження. Як зазначено в [9], найбільш напруженою в ізоляторі є ділянка конічної частини стрижня ізолятора, де максимально проявляється дія електричного поля. Розрахункова напруженість на ділянці заокруглення радіусом $R = 0,5$ мм конічної частини стрижня ізолятора становить $E = 42,3$ кВ/см (амплітудне значення) при напрузі на ізоляторі $U = 10\sqrt{2}$ кВ.

З метою зниження напруженості електричного поля на ділянці цементно-піщаної зв'язки біля конічної частини стрижня ізолятора запропоновано удосконалення її конструкції, яке полягає у профілюванні конічної частини стрижня. Але при цьому необхідно одночасно забезпечити еквівалентність моделей ізолятора за умовою рівності як напружень стискання, так і напружень на зріз цементно-піщаної зв'язки.

Розрахункову модель стрижня ізолятора при профілюванні його конічної частини представлено на рис. 1.

Однією з умов забезпечення еквівалентності моделей приймалась рівність напружень стискання ЦПЗ.

Визначення напружень стискання $\sigma_{\text{ст}}$ ЦПЗ проведено за формулою [10]:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{1,1 P \sin \alpha}{S_{\text{к}}}, \quad (1)$$

де P — максимальне механічне нормоване випробувальне навантаження, кН; $S_{\text{к}}$ — площа поверхні конічної частини стрижня, м^2 та α — кут за рис. 1; 1,1 — нормований коефіцієнт «запасу». Площа $S_{\text{к}}$ може бути знайдена за формулою (1), як для поверхні зрізаного конуса:

$$S_{\text{к}} = \pi(r_1 + r_2)l, \quad (2)$$

де r_1 — радіус верхньої основи зрізаного конуса, м; r_2 — радіус нижньої основи зрізаного конуса, тобто радіус циліндричної частини стрижня, м; l — твірна зрізаного конуса, м.

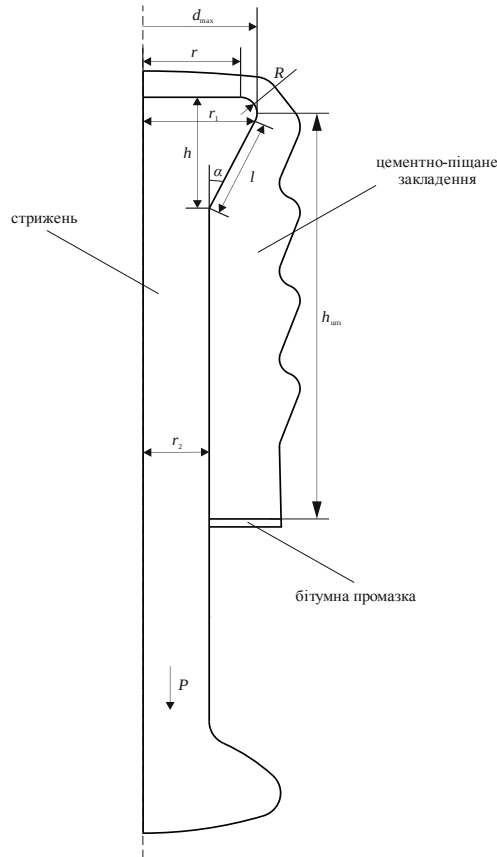


Рис. 1. Розрахункова модель ЦПЗ та стрижня ізолятора при профілюванні його конічної частини

Виходячи з геометричної побудови рис. 1, радіус верхньої основи зрізаного конуса розраховується за формулою (3):

$$r_1 = r + R \cos \alpha, \quad (3)$$

де $r = \frac{d_{\max} - 2R}{2}$, м; R — радіус заокруглення конічної частини стрижня, м;

$d_{\max}$ — максимальний діаметр конічної частини стрижня ізолятора, м; α — кут нахилу конічної частини стрижня ізолятора.

Твірна зрізаного конуса розраховувалась за формулою:

$$l = \sqrt{(h - R)^2 + (r - r_2)^2 - R^2}, \quad (4)$$

де R — радіус заокруглення конічної частини стрижня, м; h — висота конічної частини стрижня ізолятора в метрах, яка визначалась за допомогою виразу:

$$h = R + R \sin(\alpha) + \frac{r - r_2 + R \cos(\alpha)}{\tan(\alpha)}. \quad (5)$$

При додатковому врахуванні напружень зрізу $\sigma_{зр}$ їх значення визначались за формулою:

$$\sigma_{зр} = \frac{1,1P}{\pi d_{\max} \cdot h_{цпз}}, \quad (6)$$

де $h_{цпз}$ показано на рис. 1.

Для забезпечення рівності напружень стискання $\sigma_{ст}$ та напружень зрізу $\sigma_{зр}$ цементно-піщаної зв'язки при профілюванні конічної частини стрижня з радіусом заокруглення R від 0,5 мм до 3,5 мм було проведено варіювання розмірів стрижня.

У результаті отримано розрахункові геометричні параметри при профілюванні конічної частини стрижня ізолятора, які наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Розрахункові геометричні параметри конічної частини стрижня ізолятора

№ п/п	R , м	$d_{\max}$, м	r , м	r_1 , м	r_2 , м	h , м	$h_{цпз}$, м	l , м	α , °
Модель 1	0,0005	0,0297	0,0144	0,0148	0,008	0,0125	0,0522	0,01364	30,0
Модель 2	0,0010	0,0301	0,0140	0,0149	0,008	0,0133	0,0522	0,01369	30,2
Модель 3	0,0015	0,0304	0,0136	0,0150	0,008	0,0141	0,0522	0,01374	30,4
Модель 4	0,0020	0,0307	0,0133	0,0151	0,008	0,0148	0,0522	0,01380	30,7
Модель 5	0,0025	0,0310	0,0129	0,0151	0,008	0,0156	0,0522	0,01385	30,9
Модель 6	0,0030	0,0313	0,0126	0,0152	0,008	0,0164	0,0522	0,01390	31,2
Модель 7	0,0035	0,0316	0,0122	0,0153	0,008	0,0172	0,0522	0,01395	31,4

Для отриманих моделей ізоляторів з розрахунковими геометричними параметрами конічної частини стрижня ізолятора згідно табл. 1 розраховано максимальні значення напруженості електричного поля в Comsol Multiphysics [11], які представлено на рис. 2.

З рис. 2 видно, що при профілюванні конічної частини стрижня ізолятора та одночасному забезпеченні еквівалентності моделей за рівністю напружень стискання і напружень на зріз цементно-піщаної зв'язки, максимальна напруженість електричного поля в ізоляторі буде зменшуватися в 2,14 раза.

Для експериментального дослідження впливу зменшення напруженості електричного поля на ділянці конічної частини стрижня ізолятора на рівень електромагнітних завад ТзОВ «Львівська ізоляторна компанія» було виготовлено експериментальні зразки високовольтних ізоляторів за типом ПС 120Б з радіусом заокруглення конічної частини стрижня $R = 3,5$ мм в кількості 10 шт.

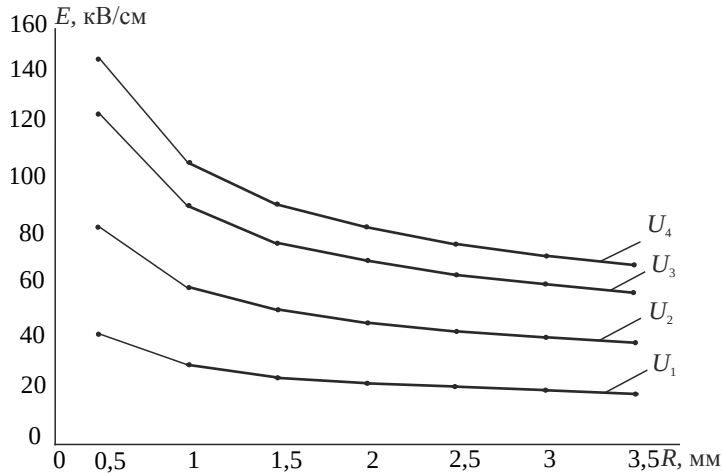


Рис. 2. Залежність максимальної напруженості електричного поля E від радіуса профілювання конічної частини стрижня ізолятора R при різних значеннях напруги $U_1 \dots U_4$, кВ ($10\sqrt{2}$; $20\sqrt{2}$; $30\sqrt{2}$; $35\sqrt{2}$)

За допомогою створеної установки для випробувань ізоляторів на допустимий рівень електромагнітних завад [12] були проведені випробування вищезазначених експериментальних зразків високовольтних ізоляторів, а також контрольних зразків (в кількості 10 шт.) високовольтних ізоляторів типу ПС 120Б, виготовлених за традиційною технологією [13].

Результати випробувань експериментальних і контрольних зразків високовольтних ізоляторів на рівень електромагнітних завад представлені на рис. 3.

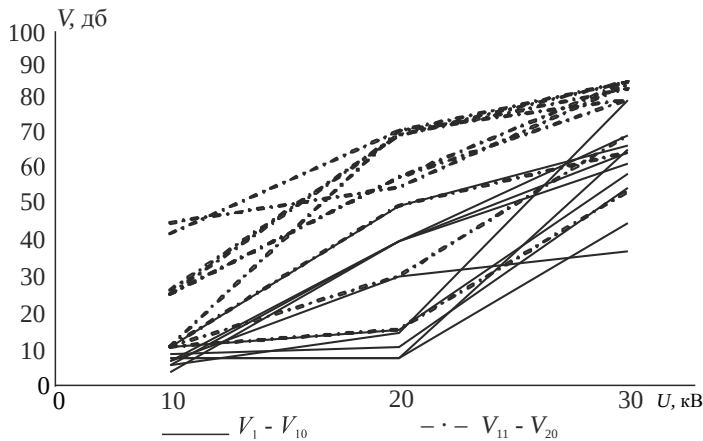


Рис. 3. Порівняння рівнів електромагнітних завад експериментальних ($V_1 \dots V_{10}$) і контрольних ($V_{11} \dots V_{20}$) зразків високовольтних ізоляторів

З рис. 3 видно, що рівень електромагнітних завад експериментальних зразків високовольтних ізоляторів з радіусом заокруглення конічної частини стрижня $R = 3,5$ мм порівнянно з контрольними зразками ізоляторів типу ПС 120Б менший на 16...29 дБ при випробувальних напругах 10...30 кВ.

Висновки

Запропоновано удосконалення конструкції високовольтного тарілчастого ізолятора, яке полягає у профілюванні його конічної частини стрижня при забезпеченні рівності максимальних напружень стискання $\sigma_{ст}$ і напружень різіу $\sigma_{р}$ в їхньому цементно-піщаному закладенні.

При запропонованому удосконаленні конструкції високовольтного тарілчастого ізолятора досягається зниження максимальної напруженості електричного поля на ділянці цементно-піщаного закладення ізолятора в 2,14 раза.

Експериментально показано, що на рівень електромагнітних завад підвісних тарілчастих скляних ізоляторів впливає ділянка конічної частини стрижня, а запропоновані рекомендації щодо профілювання конічної частини стрижня ізолятора дають змогу знизити рівень електромагнітних завад ізоляторів на 16...29 дБ при випробувальних напругах 10...30 кВ.

Одержані результати забезпечують можливість створення удосконалених конструкцій високовольтних лінійних тарілчастих ізоляторів зі зменшеним рівнем електромагнітних завад.

Література

1. ДСТУ 2203-93. Ізолятори лінійні підвісні тарілчасті. Загальні технічні умови. [Чинний від 1994-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1993. 29 с.
2. Ким Е. Д. Исследование электрического поля высоковольтных тарельчатых изоляторов. *Електрифікація транспорту*. 2016. № 11. С. 22—27.
3. Кім Є. Д. Методологічні основи удосконалення високовольтних лінійних ізоляторів та методів їх випробувань: дис. ... д-ра наук: 05.09.13 / НТУ «ХПІ». Х., 2003. 410 с.
4. Кулик Н. М. Влияние цементных связок на прочностные характеристики и долговечность подвесных высоковольтных изоляторов: дис. ... к-та техн. наук: 05.17.11 / РХТУ им. Д. И. Менделеева. М., 1997. 283 с.
5. IEC 60383-1. Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V. Ceramic or glass insulator units for a. c. systems. Definitions, test methods and acceptance criteria. — The British Standards Institution, 1998. 111 p.
6. Шевченко С. Ю., Окунь А. А. Моделирование электрического поля стеклянного изолятора в ВЛ 110 кВ. *Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ»: сб. науч. тр. Темат. вып.: Энергетика: надёжность и энергоэффективность*. Х., НТУ «ХПИ», 2011. № 3. С. 136—143.
7. Бржезицький В. О., Щерба А. А., Подольцев О. Д., Троценко Є. О., Шевченко С. Ю., Гаран Я. О., Атарод С. Дослідження причин електричного перекриття підтримуючих ізолюючих підвісок середньої фази повітряної лінії електропередачі. *Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2011. № 6. С. 36—41.
8. Kontargyri V. T., Plati L. N., Gonos I. F., Stathopoulos I. A. Measurement and simulation of the voltage distribution and the electric field on a glass insulator string. *Measurement*. 2008. Vol. 41. № 5. P. 471—480.
9. Бржезицький В. О., Лапоша М. Ю., Маслоченко І. М., Хомініч В. І. Удосконалення високовольтних лінійних скляних ізоляторів. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т. 23, № 6. С. 101—111.
10. Электрические изоляторы / Костюков Н. С. и др.; под ред. Н. С. Костюкова. М.: Энергоатомиздат, 1984. 296 с.
11. COMSOL Inc. Офіційна веб-сторінка. 2017. URL: <https://www.comsol.com/>
12. Бржезицький В. О., Гаран Я. О., Лапоша М. Ю. Розробка установки для випробування високовольтних ізоляторів на допустимий рівень радіозавад. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. № 1/1(27). С. 37—41.
13. ГОСТ 27661. Изоляторы линейные подвесные тарельчатые. Типы, параметры и размеры [Действующий от 2018-03-01]. М.: Стандартинформ, 2017. 16 с.

CAVITATION TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF NANOPREPARATIONS

L. Avdeeva, A. Makarenko, E. Zhukotsky

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Key words:

*Hydrodynamic cavitation
Flow cavitation mixers
Venturi nozzle
Emulsions
Lipid nanostructures
Dispersity*

Article history:

Received 03.10.2019
Received in revised form
15.10.2019
Accepted 01.11.2019

Corresponding author:

L. Avdeeva
E-mail:
tbds_ittf@ukr.net

ABSTRACT

In the article the effective ways to intensify the technological process of dispersing complex heterogeneous systems to create nanomaterials were reviewed. The efficiency of such processing at the influence on micro- and nanoscale was showed. The relevance of the direction of nanomaterials creation and application was determined. Based on the analysis of literature and patent sources, it has been established that a significant percentage of inventions are related to the development of nanomaterials as an effective means of delivering active substances of various directions. In this direction, the use of lipid nanostructures is promising.

The advantages of using phospholipid nanostructures in preparations for the food, cosmetic industry and agriculture were presented. An analysis of some of the methods used to obtain vesicles from phospholipids has been carried out. The advantages of using impulse energy impacts for efficient processing of complex disperse systems are revealed. The use of hydrodynamic cavitation for the intensification of the process of obtaining micro- and nanomulsions from phospholipids was proposed.

It has been developed and approved the technological scheme for the production of micro- and nanoemulsion preparations by the method of hydrodynamic cavitation for various industries. The results of experimental studies of fertilizer particle dispersion for agriculture and body balms for the cosmetic industry, created as a result of processing in a cavitation apparatus of a static type with different processing duration, were given. On the basis of the analysis of the results it was established that the use of the cavitation apparatus of a static type based on the Venturi nozzle allows to obtain high-quality nanoscale and micro-range products that are stable in storage. The rational heat-engineering conditions for conducting cavitation processing of a disperse system with phospholipids were determined for obtaining modern types of preparations with given properties. It was shown that flowing cavitation apparatus of a static type can increase the process efficiency and reduce the cost of electricity per unit of output.

КАВІТАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА НАНОПРЕПАРАТІВ

Л. Ю. Авдєєва, А. А. Макаренко, Е. К. Жукотський

Інститут технічної теплофізики НАН України

У статті розглянуто питання пошуку ефективних способів інтенсифікації технологічного процесу диспергування складних гетерогенних систем для створення наноматеріалів. Показано ефективність такої обробки при впливі на мікро- і нанорівні. Визначено актуальність напрямку створення і застосування наноматеріалів. На основі аналізу літературних і патентних джерел встановлено, що значний відсоток винаходів припадає на розробки, пов'язані з використанням наноматеріалів як ефективних засобів доставки активних речовин різної спрямованості дії. В цьому напрямку перспективним є використання ліпідних наноструктур.

Проаналізовано переваги використання наноструктур з фосфоліпідів у препаратах для харчової, косметичної промисловості і сільського господарства. Проведено аналіз деяких методів, які використовуються для отримання емульсій з фосфоліпідів. Виявлено переваги використання імпульсних енергетичних впливів для ефективної обробки складних дисперсних систем. Запропоновано використання гідродинамічної кавітації для інтенсифікації процесу отримання мікро- і наноемульсій із фосфоліпідів.

Розроблено й апробовано технологічну схему виробництва препаратів мікро- і наноемульсій методом гідродинамічної кавітації для різних галузей промисловості. Наведено результати експериментальних досліджень дисперсності частинок добрив для сільського господарства і бальзамів для тіла для косметичної промисловості, утворених у результаті обробки в кавітаційному апараті статичного типу при різній тривалості обробки. На основі аналізу результатів встановлено, що використання кавітаційного апарата статичного типу на основі сопла Вентурі дає змогу отримати якісні, стійкі у зберіганні препарати нано- і мікродіапазону. Визначено раціональні теплотехнологічні умови проведення кавітаційної обробки дисперсної системи з фосфоліпідами для одержання сучасних видів препаратів із заданими властивостями. Показано, що проточні кавітаційні апарати статичного типу дають змогу підвищити продуктивність процесу і знизити витрати електроенергії на одиницю продукції.

Ключові слова: гідродинамічна кавітація, проточні кавітаційні змішувачі, сопло Вентурі, емульсії, ліпідні наноструктури, дисперсність.

Постановка проблеми. Інтенсифікація виробничих процесів і підвищення енергоефективності технологічного обладнання є одним із головних завдань для успішного розвитку сучасної промисловості. Створення і використання такого обладнання вимагає проведення комплексу досліджень масообмінних процесів, які відбуваються в реакторах, а також явищ, що виникають у процесі обробки. Такі розробки базуються на принципово нових технічних ріше-

ннях, оснований на великій кількості теоретичних і експериментальних досліджень фізико-хімічних процесів оброблюваних середовищ.

Іншим важливим питанням є підвищення рівня ефективності технологій обробки матеріалів, що досягається за рахунок застосування нанотехнологічних прийомів обробки і створення наноматеріалів. Проведений огляд літературних і патентних джерел показав, що найбільш актуальним напрямком у світі нанотехнологій є створення та використання наноматеріалів і наноструктур. Серед них значний відсоток винаходів припадає на створення нових способів доставки активних речовин, зокрема за допомогою ліпідних наноструктур — нанокapsул з фосфоліпідів. У багатьох найбільш розвинених країнах світу, особливо США та Японії, цей напрямок досліджень відноситься до пріоритетних. Тож розробка надійних методів виготовлення наноструктур для організації їх промислового виробництва — один з найважливіших сучасних напрямів досліджень. Розвиток науки все більше базується на закономірностях, притаманих об'єктам нанорівня. Нанотехнологія передбачає цілеспрямовано створювати штучним шляхом наноструктури із заздалегідь заданими розмірами, об'ємом, структурою. Використання нанотехнологій дає змогу знайти нові підходи до вирішення багатьох наукових проблем в енергетиці, матеріалознавстві, біоінженерії, медицині, харчовій промисловості та інших галузях народного господарства. При створенні нових препаратів і матеріалів особливу увагу приділяють пошуку нових способів введення активних речовин, що підвищує ефективність їх впливу [1—3].

Фосфоліпіди (група лецитинів) відносяться до поверхнево активних речовин, що можуть утворювати стійкі міцелярні системи вже при дуже низькій концентрації (10^{-8} — 10^{-10} моль/л). За рахунок амфіфільних властивостей у воді або органічних розчинниках молекули фосфоліпідів самоорганізуються з утворенням замкнених везикулярних структур. Така орієнтація амфіфільної молекули є термодинамічно вигідною і відповідає найменшому значенню енергії Гіббса, якщо порівняти з іншими можливими варіантами орієнтування молекули [4—6].

Використання таких наноструктур у препаратах для харчової, косметичної промисловості або сільського господарства має ряд переваг:

- збільшення ефективності від застосування препарату за рахунок транспортування діючої речовини безпосередньо до клітини організмів;
- отримання можливості зниження концентрації діючої речовини через підвищення доступності наноформи;
- захист діючої речовини від впливу несприятливих факторів середовища через використання капсулювання;
- нетоксичність і біосумісність матеріалу, що використовується для побудови везикул;
- швидка біодеградація наноструктур [7; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість процесів у харчовій, хімічній, фармацевтичній промисловості відбуваються з глибокою переробкою сировини з утворенням складних багатокомпонентних дисперсних систем: суспензій, емульсій, колоїдних розчинів тощо. Аналіз методів, які найбільш

широко використовуються для диспергування гетерогенних систем (механічні, ультразвукові тощо) показав, що всі вони мають велику кількість недоліків, пов'язаних із низькою ефективністю технологічного процесу або значними енерговитратами при роботі обладнання.

Переведення фосфоліпідів з великоагрегатної форми у везикулярну пов'язане зі значними питомими затратами енергії, тому при розробленні нових промислових технологій важливим є висока продуктивність і енергоефективність запропонованого обладнання. Найчастіше для виробництва ліпідних везикул використовуються ультразвукові диспергатори. Це обладнання призначене для генерування ультразвукових коливань у закритій ємності за допомогою магнітострикційних перетворювачів. Воно характеризується невисокою продуктивністю, застосовуванням декількох стадій озвучування й охолодження, а також додаткових видів обробки, наприклад, центрифугування [8; 9].

Майже повна відсутність високопродуктивного обладнання для виробництва великих обсягів препаратів з ліпідними везикулами не дає змоги створювати промислові технології і робить їх використання дуже обмеженим. Для одержання ліпідних везикул з необхідними характеристиками використовуються різні методи й обладнання. Обладнання відрізняється своєю продуктивністю, тривалістю обробки і значним діапазоном властивостей утворених ліпідних везикул [9].

Для отримання стабільних і високоякісних мікро- і наноемульсій широко використовуються клапанні гомогенізатори високого тиску. Це високопродуктивне промислове обладнання, яке може бути використане для одержання ліпідних везикул. У цих апаратах подрібнення відбувається в результаті проходження матеріалу через одно-, дво- або триступеневу гомогенізуючу голівку за рахунок дії триступеневого плунжерного насоса високого тиску. Суттєвим недоліком використання цього виду обладнання при обробці суспензії фосфоліпідів є вплив високого тиску на біологічно активні речовини. Для одержання фосфоліпідних наноструктур розміром до 200 нм цим способом проводять диспергування суспензії фосфоліпідів під тиском 50...85 МПа. Це призводить до окислення поліненасичених жирних кислот фосфоліпідів і потребує постійного контролю. Недоліками також є досить високі витрати питомої електроенергії на одиницю продукції, висока металоємність і швидка зношуваність гомогенізуючих голівок [9].

До найбільш ефективних способів досягнення високих технологічних результатів у масообмінних і гідродинамічних процесах при обробленні рідких гетерогенних систем відносяться багатофакторні імпульсні енергетичні впливи на оброблювані середовища [9—11].

Аналіз літератури і патентних джерел підтверджує доцільність використання явища гідродинамічної кавітації для інтенсифікації багатьох хіміко-технологічних процесів. Гідродинамічні кавітаційні змішувачі є високоефективним обладнанням, яке використовується для інтенсифікації гідромеханічних тепломасообмінних процесів у складних гетерогенних системах типу «олива–вода», «рідина–тверде тіло», «рідина–газ» і створення енергоефективних технологій для різних галузей промисловості і сільського господарства [9; 11].

Метою статті є обґрунтування доцільності застосування гідродинамічної кавітації для виробництва нанопрепаратів для різних галузей промисловості і сільського господарства.

Методи і матеріали. Для створення нанопрепаратів використовувався знежирений соєвий лецитин фірми «Солек F» («Солей», ЕС) із вмістом фосфоліпідів 97,0%.

Для виробництва наноформи добрив використовувались: висококонцентроване азотовмістне мінеральне добриво — карбамід (сечовина) (NH_2CONH_2) з вмістом азоту 45% та потрійне фізіологічно нейтральне мінеральне концентроване азотно-фосфорно-калійне добриво — нітроаммофоска ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$) з вмістом азоту 16%, фосфору 16% і калію 16%.

Розмір фосфоліпідних структур досліджували методом фотонної кореляційної спектроскопії на лазерному кореляційному спектрометрі «ZetaSizer-3» (Malvern Instruments, Велика Британія), обладнаного He-Ne лазером ЛГН-111 ($P = 25$ мВт, $\chi = 633$ нм). Діапазон вимірювання приладу становить від 1 нм до 10 мкм. Реєстрацію та статистичну обробку лазерного випромінювання, розсіяного від водної ($n = 1,33$) суспензії наночасток, проводили багаторазово протягом 90 с при температурі $+22^\circ\text{C}$ під кутом розсіювання 90° .

Отримані результати вимірювань обробляли за допомогою сервісної комп'ютерної програми PCS-Size model v1.61. Лазерний кореляційний спектрометр обладнаний корелятором multi computing correlator type 703 [12; 13].

Викладення основних результатів дослідження. Для визначення ефективності застосування кавітаційних змішувачів при створенні препаратів з наноструктурами для різних галузей промисловості і сільського господарства була розроблена відповідна технологія. Основними етапами технологічного процесу є: попередня підготовка компонентів, очищення від домішок, зважування або дозування; розчинення водорозчинних речовин, диспергування жиророзчинних речовин, попереднє змішування суміші й одержання суспензії; кавітаційна обробка суспензії, фасування, пакування, маркування, доохолодження і контроль готової продукції. Для проведення досліджень був використаний кавітаційний апарат статичного типу із соплом Вентурі [14].

За запропонованою технологією напрацьовані дослідні партії добрив з ліпідними наноструктурами. Використання ліпідних наноструктур при виробництві добрив є перспективним для застосування в біосистемах через свою нетоксичність і високу біосумісність з живою клітиною, що забезпечує збільшення ефективності від застосування діючої речовини. Найпоширенішими азотними добривами є аміачна селітра і сечовина (карбамід). В аміачній селітрі (NH_4NO_3) міститься приблизно до 34,5% азоту. Окрім цього елемента, до складу входять допоміжні речовини: фосфоритне борошно, крейда, мелений вапняк, фосфорний гіпс. Карбамід містить до 45% азоту. Ці добрива застосовують як у відкритому, так і в закритому ґрунті для більшості сільськогосподарських культур. Дуже часто їх застосовують у рідкому вигляді, оскільки азот у цих хімічних сполуках при розчиненні у воді краще закріплюється в ґрунті. Ефективність застосування кавітаційного змішувача оцінювалась за дисперсністю частинок зразків дослідних партій. Визначення дисперсності

проводилось методом фотонної кореляційної спектроскопії. Як контроль була використана водна дисперсія фосфоліпідів без додавання розчинів добрив.

Результати досліджень дисперсності утворених частинок добрив з ліпідними наноструктурами за середнім діаметром залежно від тривалості обробки в кавітаційному змішувачі представлені на рис. 1.

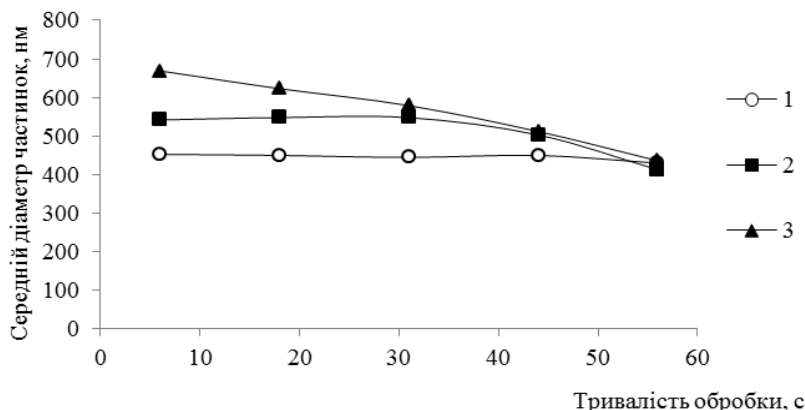


Рис. 1. Залежність середнього діаметра частинок від тривалості обробки:
1 — контроль; 2 — наноформа нітроамофоски; 3 — наноформа карбаміду

Аналіз отриманих результатів (рис. 1) свідчить, що запропоновані тепло-технологічні режими диспергування в кавітаційному апараті водної дисперсії фосфоліпідів (контроль) вже після першого циклу диспергування (6 с) дають змогу отримати мікроемульсію з фосфоліпідними наноструктурами з умовним середнім діаметром частинок 450 нм. Подальша рециркуляція гетерогенної суміші з пасивної зони в активну призводить до несуттєвих змін у розмірі утворених частинок. Додавання до дисперсної системи з фосфоліпідами мінеральних добрив збільшує, порівняно з контролем, умовний середній діаметр до 540 нм для наноформи нітроамофоски і 670 нм — для наноформи карбаміду після першого циклу обробки. Це пов'язано з великим початковим розміром частинок самих добрив. Посилення кавітаційного впливу на дослідну систему за рахунок збільшення циклів рециркуляції призводить до поступового зменшення умовного середнього діаметра частинок. Після 9 циклів обробки (загальна тривалість становить 1 хв) середній умовний діаметр частинок становив 430 нм для обох препаратів добрив. Подальші дослідження показали, що збільшення циклів обробки не призводить до суттєвих змін у розмірах частинок системи з ліпідними наноструктурами.

Результати досліджень розподілу дисперсності зразків двох видів добрив з ліпідними наноструктурами, отриманих у результаті диспергування методом гідродинамічної кавітації після 9 циклів обробки, наведені на рис. 2.

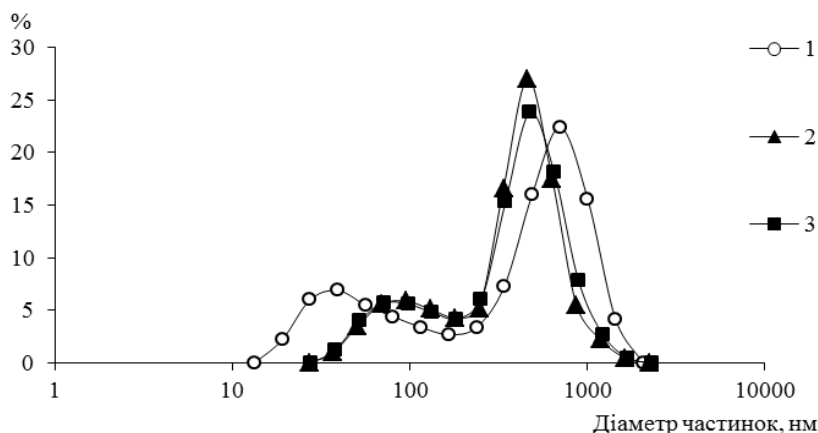


Рис. 2. Розподіл дисперсності частинок препаратів добрив з ліпідними наноструктурами, утворених з використанням гідродинамічної кавітації:
1 — контроль; 2 — наноформи нітроамфоска; 3 — наноформи карбаміду

Дослідження показали (рис. 2), що в результаті запропонованої обробки утворюється система з двомодальним розподілом дисперсності — від 15—30 нм до 170 нм і від 200 нм до 2000 нм. Найбільша кількість частинок (майже 80%) має діапазон дисперсності від 200 нм до 1000 нм. Додавання в систему добрив дає змогу дещо звужити діапазон дисперсності. Найбільша кількість частинок (більше 80%) лежить в діапазоні від 170 нм до 850 нм. Середній розмір частинок становить 430 нм. Такі частинки відносяться до одношарових малих і великих везикул, які вважаються найбільш стійкими при зберіганні, характеризуються великим внутрішнім об'ємом і високою проникністю до середини клітин.

З метою перевірки ефективності використання кавітаційного обладнання і визначення технологічних режимів для розробки нових технологій і продуктів для косметичної промисловості були проведені роботи з напрацювання дослідних партій β -каротинового бальзаму з ліпідними наноструктурами для догляду за шкірою. Результати наведені на рис. 3.

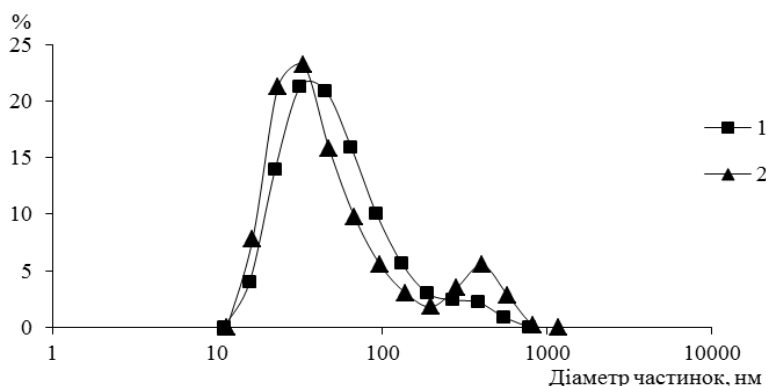


Рис. 3. Розподіл дисперсності частинок β -каротинового бальзаму: 1 — безпосередньо після обробки; 2 — після 14 діб зберігання в охолодженому стані

Дослідження показали, що в результаті запропонованих технологічних режимів кавітаційної обробки утворилась мікроемульсія з діапазоном дисперсності частинок від 17 нм до 550 нм. Дисперсія має одномодальний характер з піком на 72 нм. Кількість частинок з розміром до 100 нм, які вважаються найбільш стійкими, становить 86%.

З метою визначення стабільності системи утворена мікроемульсія зберігалась при $t = 4 \pm 2^\circ\text{C}$ впродовж 14 діб. Після вказаного терміну визначення дисперсності було проведено повторно. Повторні дослідження показали, що в результаті витримки утвореної мікроемульсії діапазон дисперсності частинок залишився майже незмінним. Дещо (до 5%) збільшилась кількість частинок великого розміру, але кількість частинок з розміром до 100 нм становить 83%. Отримані результати свідчать про стабільність утвореної системи.

У табл. 1 представлені основні характеристики сучасного обладнання, яке використовується для виробництва ліпідних наноструктур.

Таблиця 1. Технічна характеристика обладнання для одержання ліпідних наноструктур

Характеристика	Ультразвуковий диспергатор	Гомогенізатори клапанного типу		РПА	Кавітаційний апарат
		A1-OGM-2,5	A1-OG2M		
Продуктивність, кг/год	48—160	2500	5000	3000	9100
Робочий тиск, МПа	1	20	20	—	0,5—0,7
Потужність, кВт	4—15	18,5	37	5,5	7,0
Кількість ступенів гомогенізації	1—3	2	2	3	5
Питомі витрати електроенергії на гомогенізацію продукту, кВт·год/т	83,3—93,8	7,4	7,4	1,83	0,8

У результаті порівняння технічних характеристик різних типів обладнання (табл. 1) було встановлено, що запропонована конструкція кавітаційного апарата статичного типу має високу продуктивність (9—12 м³/год), що дає змогу суттєво знизити питомі енерговитрати і собівартість готової продукції при виробництві препаратів з ліпідними наноструктурами.

Проведений комплекс досліджень дає змогу розробити загальну технологічну схему виробництва препаратів мікро- і наноемульсій для їх подальшого застосування в різних галузях промисловості і сільському господарстві.

Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що використання кавітаційного апарата статичного типу на основі сопла Вентурі дає змогу отримати якісні, стійкі у зберіганні препарати нано- і мікродіапазону.

Отримані результати показали, що проточні кавітаційні апарати статичного типу надають можливість підвищити продуктивність процесу і знизити витрати електроенергії на одиницю продукції.

Література

1. Tibbals H. F. Medical Nanotechnology and Nanomedicine. CRC Press, 1st Ed. 2010. 528 p.
2. Tiwari A., Tiwari A. Bioengineered nanomaterials, CRC Press, 1st Ed. 2017. 436 p.
3. Naito M., Yokoyama T., Hosokawa K., Nogi K. Nanoparticle Technology Handbook. Elsevier. 3rd Ed. 2018. 904 p.
4. Berg J. M., Tymoczko J. L., Stryer L. Biochemistry. New York: W.H. Freeman. 5th ed. 2002. 1100 p.
5. Nii T., Ishii F. Encapsulation efficiency of water-soluble and insoluble drugs in liposomes prepared by the microencapsulation vesicle method. *International Journal of Pharmaceutics*. 2005. V. 298(1). P. 198—205.
6. McClements D., Gumus C. Natural emulsifiers — Biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: Molecular and physicochemical basis of functional performance. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2016. V. 234. P. 3—26.
7. Kurt E. Geckeler, Nishide Hiroyuki. Advanced Nanomaterials, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010. 906 p.
8. Gregoriadis G. Liposome Technology. The School of Pharmacy University of London. New York, London, 2007. 422 p.
9. Авдєєва Л. Ю. Методи підвищення ефективності технології отримання фосфоліпідних наноструктур, *Наукові праці ОНАХТ*. 2011. Вип. 40, Т. 2. С. 364—367.
10. Долинский А. А., Иваницкий Г. К. Теоретическое обоснование принципа дискретно-импульсного введения энергии. 2. Исследование поведения ансамбля паровых пузырьков. *Промышленная теплотехника*. 1996. Т. 18, № 1. С. 3—20.
11. Промтов М. А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов. *Вестник ТГТУ*. 2008. Т. 14, № 4. С. 861—869.
12. Yegin B., Lamprecht A. Lipid nanocapsule size analysis by hydrodynamic chromatography and photon correlation spectroscopy. *International Journal of Pharmaceutics*, 2006. 320. P. 165—170.
13. Henk G. Merkus. Particle Size Measurements. Fundamentals, Practice, Quality. Springer, 2009. 533 p.
14. Долінський А. А., Авдєєва Л. Ю., Жукотский Е. К., Макаренко А. А. Вплив гідродинамічної кавітації на обробку складних гетерогенних систем. *Промышленная теплотехника*. 2014, Т. 36, № 5. С. 5—10.

SYNTHESIS OF ACTIVATED FLOW MIXERS

A. Sokolenko, I. Maksymenko, V. Kostyuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Flow mixer
Hydrodynamics
Mass transfer
Flow
Analysis
Synthesis*

Article history:

Received 03.10.2019
Received in revised form
18.10.2019
Accepted 04.11.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article deals with the features of the synthesis of activated flow mixers in combination with the solution of problems of their transportation.

An important area of activation is the creation of local systems with a high level of turbulence due to the kinetic energy of the flows and the creation of force influences in the form of alternating pressure. The latter is a consequence of the generation of variable kinematic parameters corresponding to the geometry of pipelines with variable cross-sectional areas. The basis of the chosen direction of synthesis of activated systems is based on the possibilities of computational Fluid Dynamics (CFD) on the balance of approaches of physics, hydrodynamics and mathematics with reference to the laws of conservation of mass, impulses of force influences and energy. Referring to the latter took the form of finite element methods (FEM) and finite volumes (FVM).

The concept of discretization of flow space and identical concept of discretization of space of deformed solid were adopted. The purpose of this work was to develop the theoretical basis for the synthesis of systems with activated mass transfer processes.

The design of the mixer is made in the form of a pipe with its transformation into a mass pipeline with elliptical sections with different ratios of lengths of axes. the display of the geometric parameters of the mixer was based on the numerical solution of the springy-plastic deformation of the pipe based on ITU, and the implementation was achieved using a rigid punch. The obtained geometry of the internal volume, made with the rotation of adjacent sections with a minimum area of 90°, allowed to go to the stage of determining the field of axial flow velocity on the planes of symmetry and in cross sections.

The graphical dependences of the averages of the cross sections of the absolute values of the velocity and pressure vector components with reference to the amplitude of static pressure pulsations near 750 Pa with a frequency of 13.68 Hz were presented.

СИНТЕЗ АКТИВОВАНИХ ЗМІШУВАЧІВ ПОТОКІВ**А. І. Соколенко, І. Ф. Максименко, В. С. Костюк***Національний університет харчових технологій*

У статті досліджено особливості синтезу активованих змішувачів потоків у поєднанні з вирішенням задач їх транспортування. Як важливий напрям активації запропоновано створення локальних систем з високим рівнем турбулентності за рахунок кінетичної енергії потоків і створення силових впливів у формі змінного тиску. Останній є наслідком генерування змінних кінематичних параметрів, що відповідають геометрії трубопроводів зі змінними площами поперечних перерізів. В основу обраного напряму синтезу активованих систем покладено можливості обчислювальної гідродинаміки (ОГД) на балансі підходів фізики, гідродинаміки й математики з дотриманням законів збереження маси, імпульсів силових впливів та енергії, що мало форму методів скінченних елементів (МСЕ) і скінченних об'ємів (МСО).

У дослідженні прийнято концепцію дискретизації простору потоку та ідентичну концепцію дискретизації простору деформованого твердого тіла. Визначено розвиток теоретичного підґрунтя синтезу систем з активованими масообмінними процесами.

Конструкцію змішувача виконано у формі труби з перетворенням її у масопровід з еліптичними перерізами з різними співвідношеннями довжин осей. Відображення геометричних параметрів змішувача ґрунтувалося на чисельному розв'язанні пружно-пластичного деформування труби на основі МСЕ, а реалізація досягалася шляхом використання жорсткого пуансона. Одержана геометрія внутрішнього об'єму, виконана з поворотом сусідніх перерізів з мінімальними площами на 90° , дала змогу перейти до етапу визначення поля осевої швидкості потоку на площинах симетрії та в поперечних перерізах.

Наведено графічні залежності усереднених по перерізу абсолютних значень компонент вектора швидкості й тиску з вказівкою на амплітуду пульсацій статичного тиску близько 750 Па з частотою 13,68 Гц.

Ключові слова: змішувач потоків, гідродинаміка, масообмін, потік, аналіз, синтез.

Постановка проблеми. Теоретичний розвиток гідроаеродинаміки ґрунтується, в основному, на побудові та розв'язанні рівнянь, придатних для різноманітних типів течії рідини або газу, а також на вивченні різного роду апроксимацій стосовно цих рівнянь [1].

Обчислювальна гідродинаміка своїм предметом має чисельне моделювання різноманітних течій рідин та газів [2], тісно пов'язана з теорією й експериментом і не зможе їх повністю замінити, а тому базується на належному балансі таких підходів, як фізика, гідродинаміка, математика [3; 4].

Загальноприйняте скорочення обчислювальної гідродинаміки — ОГД (англ. CFD — Computational Fluid Dynamics). Фізичні аспекти будь-якої течії рідини

визначаються трьома фундаментальними принципами: 1) законом збереження маси, 2) законом збереження імпульсу (другий закон Ньютона: сила = маса прискорення), і 3) законом збереження енергії. Ці фундаментальні фізичні принципи можуть бути виражені базовими математичними рівняннями, які, загалом, є інтегральними рівняннями, або рівняннями у часткових похідних [3]. Обчислювальна гідродинаміка — це технологія заміни інтегралів або часткових похідних у цих рівняннях на дискретизовані алгебраїчні форми, які, у свою чергу, розв'язуються за допомогою ЕОМ з отриманням у результаті числових значень параметрів поля потоку в дискретних точках простору та/або часу. Кінцевий результат ОГД — це набір числових значень, на відміну від аналітичних розв'язків у замкнутій формі. Однак метою майже будь-якого інженерного аналізу є кількісна оцінка задачі, тобто, власне, числа.

Для того, щоб замінити відповідні математичні формалізації на дискретизовані алгебраїчні форми, використовується чисельний метод дискретизації, зокрема, метод скінченних об'ємів (МСО).

МСО — це метод інтегрування систем диференціальних рівнянь у часткових похідних [5]. Основна ідея цього методу полягає в тому, що для будь-якої величини ϕ , в кожній точці простору $O(x, y, z, t)$, оточеному певним замкнутим скінченним об'ємом Ω , у момент часу t існує залежність: загальна кількість величини ϕ у зазначеному об'ємі може змінюватись лише за рахунок таких факторів:

- транспорту кількості цієї величини через поверхню, що обмежує контрольний об'єм Ω , іншими словами — потік;
- генерації (джерела) або знищення (стоки) певної кількості величини ϕ всередині контрольного об'єму Ω .

З практичної точки зору, відмінність МСЕ та МСО полягає в тому, що кінцевим результатом розв'язування дискретизованих алгебраїчних рівнянь у МСЕ є набір числових значень шуканих величин у вузлах скінченних елементів (тобто в точках простору, що розглядається), тоді як аналогічний результат МСО являє собою набір числових значень шуканих величин у скінченних об'ємах простору, що розглядається (тобто маємо єдине числове значення для кожного елементарного об'єму).

Концепція дискретизації простору потоку ідентична концепції дискретизації простору деформованого твердого тіла при моделюванні задач теорії пружності та пластичності за допомогою МСЕ.

Важливим етапом розв'язування задач за допомогою ОГД є обрання відповідної моделі для опису течії рідини. Для отримання результату при чисельному моделюванні ламінарного потоку, по суті, достатньо розв'язання зазначених вище рівнянь Нав'є-Стокса, тоді як для отримання результату, що відповідає дійсності при турбулентному режимі потоку, цих рівнянь недостатньо.

Оскільки турбулентність характеризується випадковою поведінкою миттєвих значень швидкості, тиску, температури в певній точці рідини чи газу, це означає, що при одних і тих самих умовах детальна картина розподілення цих

величин у рідині щоразу буде різною і практично ніколи не повторюється. Тому миттєве розподілення швидкості у різних точках турбулентного потоку, зазвичай, не становить інтересу, а важливими є усереднені величини. Проблема описання гідродинамічної турбулентності полягає, зокрема, і в тому, що досі не вдається без експериментальних даних на підставі лише рівнянь гідродинаміки передбачувати, коли саме повинен починатися турбулентний режим і що саме в ньому має відбуватися. Тому для опису турбулентних потоків у рамках ОГД широко використовується так звана RANS-модель, яка базується на усереднених за Рейнольдсом рівняннях Нав'є-Стокса (англ. RANS — Reynolds-averaged Navier-Stokes).

Метод усереднення за Рейнольдсом [6] полягає в тому, що будь-яке миттєве значення гідродинамічних характеристик потоку (швидкість, тиск, густина) можна замінити сумами усереднених і пульсаційних складових. Фактично це означає, що гідродинамічна величина є випадковою, усереднення якої за часом дає її математичне очікування, а пульсаційна складова є дисперсією випадкової величини.

У [7; 8] позитивно оцінюється застосування усереднених за Рейнольдсом рівнянь Нав'є-Стокса (RANS) та k - ϵ моделі турбулентності при моделюванні потоку нестискуваних рідин у замкнутих контурах (трубах) зі змінним поперечним перерізом за допомогою методів ОГД.

Мета дослідження: розвиток теоретичного підґрунтя синтезу систем з активованими масообмінними процесами в рідинних і газорідинних потоках.

Матеріали і методи. В основу методики проведення досліджень покладено закони збереження з такими їх наслідками, як закон нерозривності потоку, рівняння Бернуллі і Нав'є-Стокса, закони Архімеда, термодинамічної рівноваги, закономірності масообміну. Порівняльна оцінка досліджуваних процесів здійснювалася з використанням евристичних методів і феноменологічних узагальнень з урахуванням фізичних основ явищ.

Результати і обговорення. Важливим в інтенсифікації масообміну в газорідинних системах визнано зміну тисків, що супроводжується деформаціями диспергованої газової фази, оновленням міжфазної поверхні, явищами коалісценсії і повторного диспергування тощо. Разом з тим газорідинні середовища мають помітні дисипативні властивості, що вимагає особливих підходів в організації втручань в їх гідродинаміку.

Рідинні середовища з високими рівнями гомогенізації або рідинні середовища з додаванням твердої фази доцільно одержувати, поєднуючи операцію їх перетворення з операцією транспортування. Досягнення цього можливе за використання масообмінних ділянок трубопроводів зі змінними розмірами поперечних перерізів. Одним із варіантів таких рішень є випадок послідовного чергування переходів від кругових до еліптичних перерізів.

У цьому дослідженні вирішується завдання синтезу такої масообмінної ділянки на основі деформації трубної конструкції з використанням методу скінченних елементів з подальшим визначенням гідродинамічних параметрів рідинних потоків в них на основі використання методів обчислювальної гідро-

динаміки. При цьому завершальним етапом має стати створення змішувача потоків виноматеріалів у процесах асамблювання, купажування та приготування тиражних сумішей у виробництві шампанських вин.

Конструкцію змішувача виконано у формі труби зі змінними поперечними перерізами. Останнє досягається за рахунок локальних деформацій з вибраним кроком, за рахунок чого трубчаста конструкція перетворюється в масопровід з еліптичними перерізами з різними співвідношеннями довжин осей. Очевидно, що кожному із співвідношень останніх відповідає певна площа поперечного перерізу, найбільша площа відповідає круглому перерізу, а найменша — мінімальному відношенню довжин осей b/a .

Виготовлення змішувача здійснювалося на основі труби з внутрішнім діаметром 49 мм за рахунок її залишкової деформації, яка однак не повинна приводити до зміни довжини внутрішнього периметра. Відображення геометричних параметрів змішувача ґрунтувалося на чисельному розв'язуванні пружно-пластичного деформування труби за допомогою МСЕ.

Для того, щоб отримати перерізи еліптичної форми при деформуванні труби, було розроблено та використано пуансон особливої форми. Конфігурація пуансона та схема навантаження ним труби відображена на рис. 1.

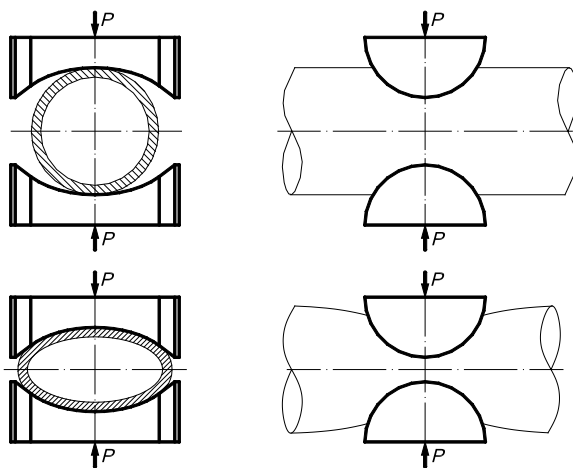


Рис. 1. Схема навантаження труби пуансоном

Чисельне моделювання елемента змішувача за допомогою МСЕ відбувалось за умов максимального наближення до фізичного процесу деформування, тобто модель включала в себе абсолютно жорстку поверхню пуансона, який вдавлювався у трубу в режимі жорсткого навантаження. При цьому використовувався один із контактних алгоритмів — алгоритм на основі методу множників Лагранжа. Тож завдання на переміщення жорсткого пуансона супроводжувалось розрахунком відгуку труби із пружно-пластичного матеріалу з визначенням її напружено-деформованого стану.

Крок між прижимами дорівнював двом зовнішнім діаметрам труби (115 мм). У чисельному розрахунку моделювалось три зони деформації труби, але завдяки симетрії фактично задавалась 1/8 частина загальної моделі.

Для того, щоб отримати фізичні характеристики матеріалу, був проведений експеримент на одновісний розтяг зразків, виготовлених із труби. В результаті експерименту отримано характеристики пружності та пластичності матеріалу, а саме: модуль пружності та істинну діаграму деформування в координатах деформація-напруження. Ці експериментальні дані було закладено у чисельний розрахунок.

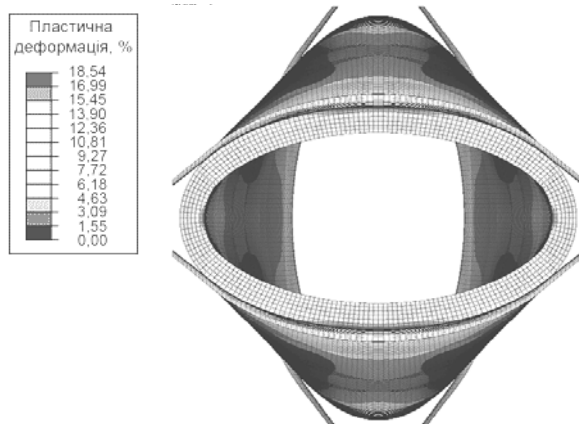


Рис. 2. Зображення деформованої труби відповідно до розрахунку

На рис. 2 відображено результат чисельного моделювання процесу деформування основного елемента змішувача на основі методу скінченних елементів.

У результаті навантаження труби пуансонами максимальне значення пластичної деформації досягається на внутрішній поверхні в області квадрантів більшої півосі еліпсу і досягає 18,5%. Таким чином, у результаті чисельного розрахунку отримано форму потоку рідини, обмежену внутрішньою поверхнею деформованої труби.

Розрахунками визначалися розміри a і b напівосей еліпсу плинного перерізу залежно від координати відліку відстані від перерізу з мінімальною площею, співвідношення $k = a/b$, площі перерізів, площі критичного перерізу $S_{кр}$, що відповідає круглому перерізу і становить 1885,7408 мм².

З них видно, що влаштування змішувача на основі переходів від круглих перерізів до еліпсоподібних і знову до круглих означає зміну співвідношень довжин їх півосей b/a , що визначає змінні значення площ поперечних перерізів. Звідси випливає, по-перше, що в умовах дії закону нерозривності потоку останній матиме змінні характеристики тисків і швидкостей. По-друге, звуження і розширення потоку означає наявність у ньому поперечних токів або поперечного перемішування. Положення перерізів з максимальними і мінімальними площами відображуються на схемі (рис. 3), а зміни довжин півосей еліпсів перерізів наведені на рис. 4.

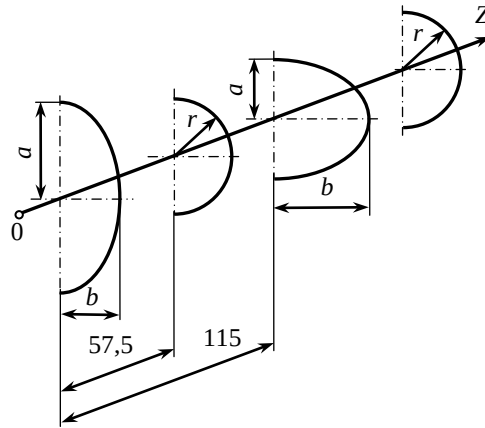


Рис. 3. Схема розташування перерізів з мінімальними і максимальними площами

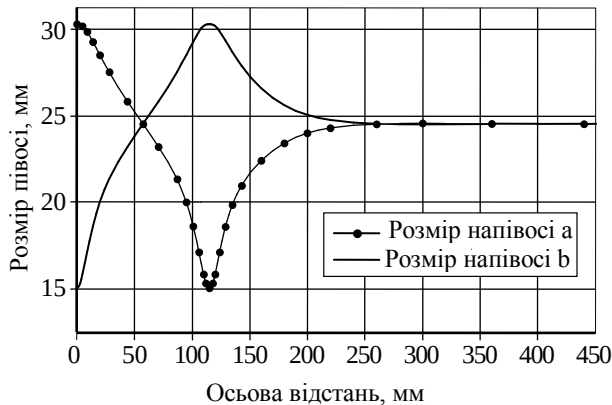


Рис. 4. Графік зміни довжин півосей еліпсів перерізів змішувача

Наявність максимумів і мінімумів значень півосей a , b та r вказує на те, що перерізи з найменшими площами, які у своєму положенні відповідають вказаним екстремумам, взаємно повернуті на кут 90° . Останнє також є стимулятором поперечного перемішування потоку.

На рис. 5 наведено графік співвідношення $k = b/a = b/a(z)$. Очевидно, що значенням $k = 1$ у положеннях по осі Z відповідають кругові перерізи змішувача.

З точки зору впливу на гідродинаміку потоку значення має площа поперечного перерізу, максимальна величина якої відповідає круглому перерізу і складає $S_{кр} = 1885,7408 \text{ мм}^2$. Співвідношення плинного значення S до критичного наведено на рис. 6.

Нелінійний характер вказаної функції означає подібну нелінійну залежність, яка характеризує зміни тиску і середньої швидкості потоку. Очевидно, що при цьому також цілком визначеною є частота впливів.

Отже, трансформації потоку у формі швидкостей як у поздовжніх, так і у поперечних напрямках означають виникнення масових сил (сил інерції), наслідком яких є інтенсифікація масообмінних процесів. Подібні режими є особливо сприятливими для інтенсифікації масообміну в газорідних системах.

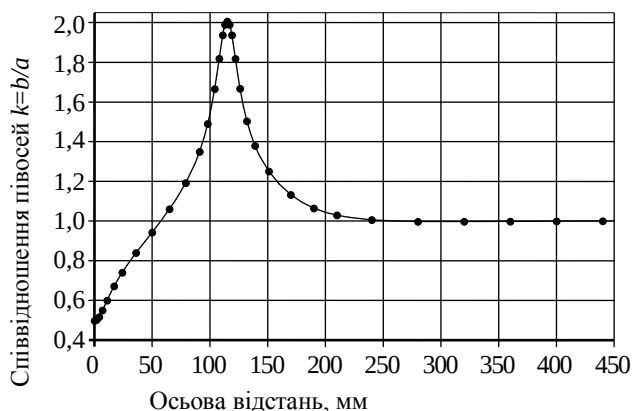


Рис. 5. Графік співвідношення півосей еліпсів перерізів змішувача

Результати досліджень, які стосуються синтезу масообмінної ділянки змішувача потоків, показують прикладну ефективність застосування чисельних методів і доцільність подальшого їх використання в моделюванні гідродинаміки робочих процесів.

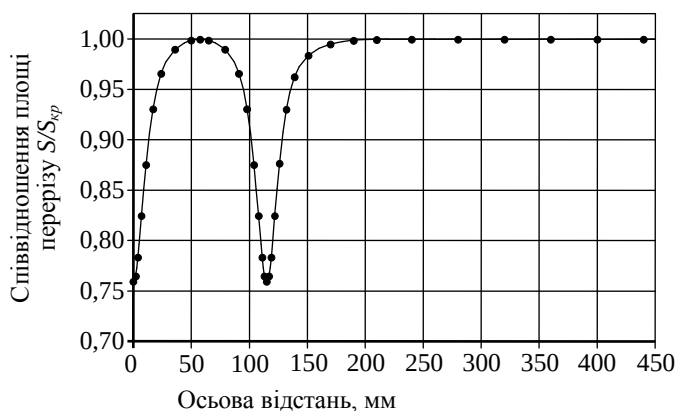


Рис. 6.

Співвідношення плинного значення площі перерізу до критичного

На першому етапі за допомогою чисельного моделювання деформування труби методом скінченних елементів отримано форму області потоку рідини у змішувачі з трьома прижимами, яка була використана для розрахунку потоку рідини в рамках обчислювальної гідродинаміки. Початкова форма області потоку та елементна сітка задачі стосуються змішувача з кількістю елементарних об'ємів (елементів) для задачі — 74425.

Аналогічно тестовим розрахункам, завдяки симетрії області потоку в цьому випадку, також будемо розглядати одну четверту частину цієї області.

Для отримання усталеного режиму потоку до і після елемента змішувача до обраної геометрії додаємо додатково циліндричні частини довжиною 1 м на вході та 0,5 м на виході.

Початкові дані для розрахунку: сумарна довжина змішувача — 2,42 м; об'ємні витрати рідини — $10 \text{ м}^3/\text{год} = 0,002(7) \text{ м}^3/\text{с}$; густина вина $\rho = 980,7 \text{ кг/м}^3$; динамічна в'язкість вина $\mu = 0,0018 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Задавався профіль осьової швидкості $v(r)$, обчислений за формулою [9]:

$$v(r) = v_m \left(1 + 1,33\sqrt{f} - 2,04\sqrt{f} \log(R / (R - r)) \right) \quad (1)$$

на вході та тиск $P = 1500 \text{ Па}$ на виході.

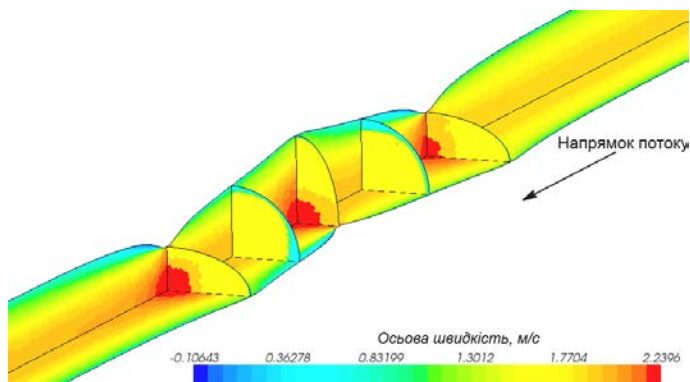


Рис. 7. Поле осьової швидкості на площинах симетрії та поперечних перерізах, отримане в результаті розрахунку

На рис. 7 відображено поле осьової швидкості на площинах симетрії та на поперечних перерізах, отримане у результаті розрахунку. Як бачимо, у мінімальних еліптичних перерізах має місце градієнт осьової швидкості по перерізу, в той час як у круглих перерізах розподілення швидкості близьке до розподілення, яке має місце при потоці у циліндричній трубі. Також слід відмітити наявність зон завихрення незначних розмірів із зворотним потоком, що розташовані біля стінки одразу за мінімальними перерізами. Локальна максимальна швидкість зворотного потоку складає 5% від максимального значення швидкості у найменшому еліптичному перерізі.

Для того, щоб оцінити ступінь поперечного перемішування, проаналізуємо отримані результати для компонент векторів швидкості. В ортогональній декартовій системі координат вектор швидкості можна представити сумою векторів: $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y + \vec{v}_z$, де $\vec{v}_x$ — компонента вектора швидкості у напрямку осі X (поперечному горизонтальному), $\vec{v}_y$ — у напрямку осі Y (вертикальному), $\vec{v}_z$ — у напрямку осі Z (поздовжньому).

Перейдемо від абсолютних значень компонент вектора швидкості для кожної точки перерізу до узагальненої характеристики перерізу. Слід відмітити, що в розрахунок (завдяки симетрії) закладено одну четверту частину геометрії потоку, тому всі отримані результати по перерізах будуть відповідати результатам одного квадранта перерізу потоку. В результаті розрахунку ми можемо отримати поле будь-якої компоненти вектора швидкості у будь-якому перерізі у вигляді графічного зображення з градієнтом кольору. Наприклад, для оцінки вертикальної (або поперечної горизонтальної) компоненти швидкості суму абсолютних значень цієї компоненти для кожного пікселя зображення перерізу розділимо на кількість пікселів, отримавши усереднене по площі перерізу абсолютне значення вертикальної (або горизонтальної) компоненти швидкості. Тож чим більша величина цієї усередненої характеристики, тим, у цілому, швидшим є рух рідини у цьому перерізі у певному (вертикальному або поперечному горизонтальному) напрямку, і навпаки. Знак «мінус» означає, що рідина у перерізі рухається у напрямку, протилежному напрямку осі. Графік зміни усереднених по перерізах абсолютних значень компонент швидкості $\bar{v}_x$ та $\bar{v}_y$ відображено на рис. 8.

Однак найбільш повною характеристикою поперечного перемішування буде усереднене по перерізу абсолютне значення такої компоненти вектора швидкості, яка діє у площині перерізу і являє собою векторну суму поперечної горизонтальної та вертикальної компонент: $\bar{v}_{xy} = \bar{v}_x + \bar{v}_y$. Графік зміни усереднених по перерізах абсолютних значень компоненти $\bar{v}_{xy}$ відображено на рис. 8 суцільною лінією. Як видно з рис. 8 поперечне перемішування найбільш активне у перерізах, які розташовані на відстані 9 мм по обидва боки від мінімальних еліптичних перерізів.

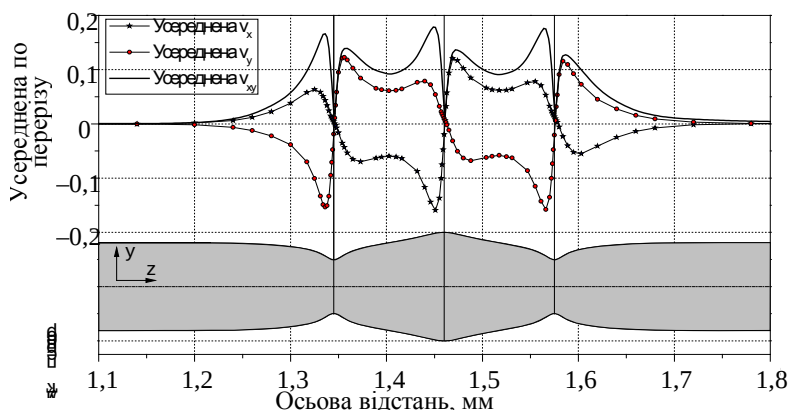


Рис. 8. Графік залежності усереднених по перерізу абсолютних значень компонент вектора швидкості

Аналогічно до тестових задач, в результаті цього розрахунку отримуємо графіки зміни статичного тиску та сумарного тиску, усереднених по перерізу, які представлені на рис. 9.

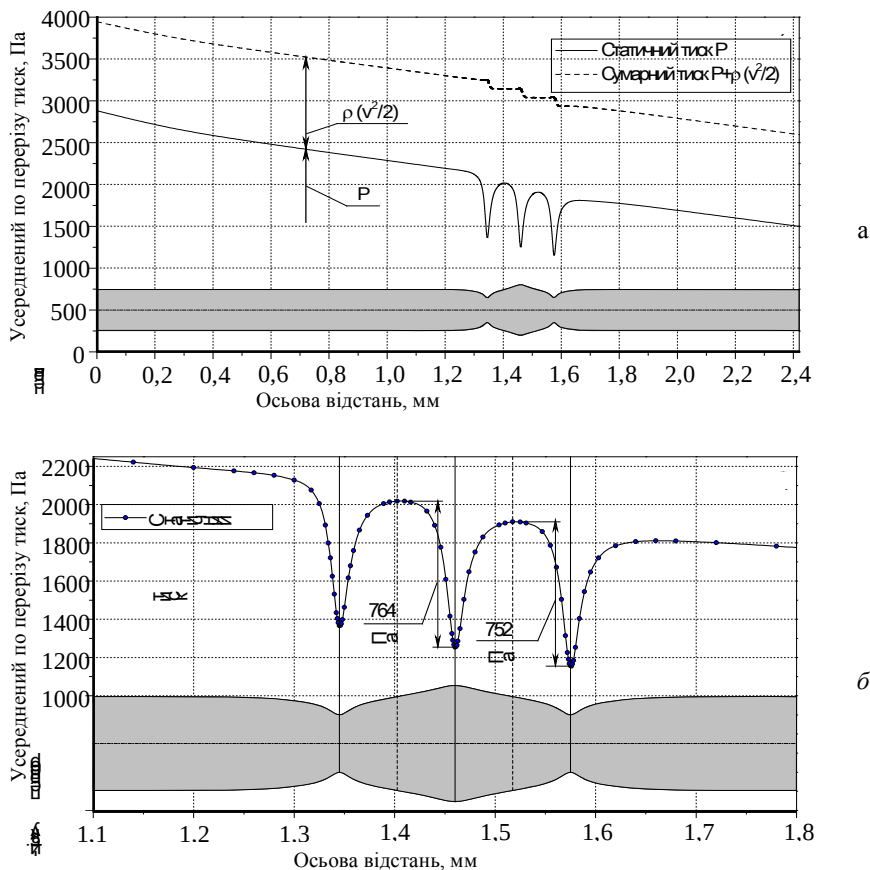


Рис. 9. Графік залежності усереднених по перерізу тисків:
а) по всій довжині розрахункової моделі; б) на ділянці еліптичних перерізів

Оскільки на частинку, що рухається з потоком рідини, діє лише статичний тиск, саме його аналіз становить інтерес з точки зору гомогенізації середовища. Як бачимо із результатів розрахунку, за умов заданої геометрії потоку та швидкості отримуємо пульсацію статичного тиску з амплітудою близько 750 Па.

Знаючи осьову компоненту швидкості $\bar{v}_z$ у кожному з перерізів, можемо знайти час, за який потік проходить шлях від одного мінімального еліптичного перерізу до наступного. Цей час становить 0,073 с, тож значення для частоти пульсацій тиску — 13,68 Гц.

Висновки

Вирішення задачі синтезу активованого змішувача рідинних потоків у формі деформованої ділянки трубопроводу виконано у два етапи. Першому етапу

відповідає моделювання деформації труби-заготовки навантаженням пуансоном спеціальної форми з використанням методу скінченних елементів і одержанням поверхні, що окреслює потік рідини.

Показано, що моделювання рідинного потоку методами обчислювальної гідродинаміки забезпечує можливість отримання параметрів, які є факторами оцінювання ступеня перемішування і гомогенізації. Розроблена математична модель дає змогу введенням інших початкових параметрів вирішувати задачі пошуків екстремальних результатів.

На другому етапі виконано розрахунки щодо тестової задачі зі створення масообмінної ділянки для змішування вина з лікером у потоці, які свідчать про їхню адекватність.

Література

1. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей: в 2-х томах: Т. 1: Пер. англ. Москва: Мир, 1991. 504 с.
2. Роуч П. Вычислительная Гидродинамика. Москва: Мир, 1980. 618 с.
3. Anderson John D., Jr. *Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications*, 1995.
4. Chung T. J. *Computational Fluid Dynamics*, Cambridge University Press, 2002.
5. Harvard Lomax, Thomas H. Pulliam, David W. Zingg. *Fundamentals of Computational Fluid Dynamics*, 1999.
6. Белов И. А., Исаев С. А. Моделирование турбулентных течений: учебное пособие. СПб.-П.: Балтийский государственный технический университет, 2001. 108 с.
7. Ганиев Р. И. Анализ течения в трубопроводе со стандартной диафрагмой средствами вычислительной гидродинамики: дисс. ... канд. техн. наук: 01.02.05. Казань: Казанский государственный технологический университет, 2009. 212 с.
8. Bajura R. A., Pellgrin M. T. Studies of pulsating incompressible flow through orifice meter. *U. S. Dep. Commer. Nat. Bur. Stand. Spec. Publ.* 1977. № 84/2. P. 523—548 (502 — conclusions).
9. Kothandaraman C. P., Rudramoorthy R. *Fluid Mechanics and Machinery* (Second Edition), New Age International Publishers, 2007.

UTILIZATION OF THE MAIN FRACTION CONCENTRATE BY THE DESORPTION METHOD

O. Shevchenko, O. Bedryk

National University of Food Technology

V. Maleta

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

Key words:

*Column
Desorption
Cycle distillation
Concentrate
Fraction
Plate
Pilot installation*

Article history:

Received 15.10.2019
Received in revised form
30.11.2019
Accepted 18.11.2019

Corresponding author:

O. Shevchenko

E-mail:

tmipt@ukr.net

ABSTRACT

This article is an example of the industrial use of innovative cyclic distillation technology for the disposal of waste in the alcohol industry. The used mass transfer mode is based on the separation of phases in the column, which leads to important practical advantages of the stationary process: increasing the capacity of the column, reducing energy costs and increasing the efficiency of component separation (efficiency of the Merfrey plate can reach values of more than 200%). The obtained experimental data make it possible to scale the apparatus for their practical use, since the impurities of the main (ethers, aldehydes) and intermediate (alcohols) formed during the production of food ethanol and bioethanol by fermentation are utilized.

The method of utilization of the concentrate of the main fraction by the method of desorption with the use of dispersed inert gas or air was developed. The stages of concentration of these impurities, such as: main fraction, concentrate of main fraction, are considered. The final stage of purification is the process of desorption of impurities by air from 10% solution of concentrate of the main fraction. The impurities removed from the desorber are mixed with the air supplied to the factory boiler and burned. The studies were conducted using cyclic distillation technology, which provides conditions for the work on the disposal of impurities.

Experimental data were obtained on a glass pilot unit with an inside diameter of 145 mm. The adsorption column is made of organic glass, 1.5 m high and has 5 plates of type Maleta trays. The experiments were carried out at different loading in the liquid, the content of impurities in the samples was determined using chromatograph. The experiments show that ethanol is purified from virtually all types of impurities, so it is possible to use the developed method in production without harming the environment.

УТИЛІЗАЦІЯ КОНЦЕНТРАТУ ГОЛОВНОЇ ФРАКЦІЇ МЕТОДОМ ДЕСОРБЦІЇ

О. Ю. Шевченко, О. В. Бедрик

Національний університет харчових технологій

В. М. Малета

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

Ця стаття є прикладом промислового використання іноваційної технології циклічної дистиляції для утилізації відходів у спиртовій галузі. Використаний режим масообміну базується на роздільному русі фаз у колоні, що призводить до важливих практичних переваг стаціонарного процесу: збільшення пропускної здатності колоні, зменшення енергетичних витрат і підвищення ефективності розділення компонентів (ефективність тарілки за Мерфрі може досягати значень більше 200%). Отримані експериментальні дані дають змогу масштабувати апарати для їх практичного використання, оскільки утилізуються домішки головного (ефіри, альдегіди) та проміжного характерів (спирти), які утворюються при виробництві харчового етанолу та біоетанолу шляхом бродіння.

Розроблено метод утилізації концентрату головної фракції методом десорбції з використанням диспергованого інертного газу або повітря. Розглянуто етапи концентрування цих домішок, як-от: головна фракція, концентрат головної фракції. Завершальним етапом очистки є процес десорбції домішок повітрям з 10% розчину концентрату головної фракції. Вилучені з десорбера домішки змішуються з повітрям, що подаються в заводський котел та згорають. Дослідження проводилися з використанням технології циклічної дистиляції, яка забезпечує умови проведення роботи з утилізації домішок.

Експериментальні дані отримані на скляній пілотній установці із внутрішнім діаметром 145 мм. Адсорбційна колона виготовлена з органічного скла, висотою 1,5 м, та розташованими в ній 5 тарілками типу Maleta trays. Досліди проводились при різних навантаженнях по рідині, вміст домішок у пробах визначали за допомогою хроматографа. В результаті проведених експериментів доведено, що етанол очищається практично від усіх типів домішок, тож цілком можливе використання розробленого методу у виробництві без шкоди для навколишнього середовища.

Ключові слова: колона, десорбція, циклічна дистиляція, концентрат головної фракції, тарілка, пілотна установка.

Постановка проблеми. Основний етап очищення харчового етанолу від легколетких домішок відбувається в гідроселекційній (епюраційній) колоні. Загальна кількість таких домішок невелика і становить близько 0,5%. Легколеткі домішки виводяться в дистиляції з головною фракцією, величина якої коливається в діапазоні 3—6% від продуктивності заводу. З установкою додаткової колоні концентрації домішок величина концентрату головної фракції

зменшується до 1—1,5% [1]. Головну фракцію використовують для виробництва омивачів автомобільного скла. Концентрат головної фракції дуже агресивний, має задушливий отруйний запах і підлягає утилізації. Фракціонування концентрату за допомогою дистиляції можливе, однак це пов'язано з великими енергетичними затратами і не є економічно вигідним [5].

Мета дослідження: розробити дешеву технологію на основі десорбції, яка дасть змогу отримати основну частину етанолу, утилізувати летючі домішки і збільшити вихід продукції без зниження її якості.

Матеріали і методи. Метод [3] відноситься до фізико-хімічних методів очищення і заснований на видаленні органічних і неорганічних сполук через відкриту водну поверхню з використанням диспергованого інертного газу або повітря. Десорбція обумовлена більш високим парціальним тиском газу над розчином, ніж тиск у навколишній атмосфері. Ступінь видалення сполук з води залежить від їх природи і підвищується з ростом температури розчину та із збільшенням поверхні контакту фаз. При барботуванні повітря через водні розчини пара розчиненого компонента дифундує всередину повітряних бульбашок і виноситься ними на поверхню води. Рівноважний парціальний тиск речовини, що видаляється, знаходять за законом Генрі [3]. Кількість речовини M , яка перейшла з рідкої фази в газову, визначають за рівнянням масопередачі:

$$M = K_y F D_{cp}, \quad (1)$$

де K_y — коефіцієнт масопередачі (у цьому разі він дорівнює коефіцієнту масопередачі в газовій фазі); F — поверхня контакту фаз; D_{cp} — середня рушійна сила процесу десорбції.

Процес десорбції речовин з води повітрям або інертними газами може бути проведений у тарілчастих, насадкових і розпилювальних колонах. Найбільш інтенсивно для тарілчастих колон перебіг відбувається в пінному режимі, а для насадок — у режимі емульгування. Для проведення процесу можуть бути використані колони з ковпачковими, ситчастими, клапанними, провальними та іншими тарілками. Ступінь видалення летких речовин з води збільшується зі зростанням температури газорідної суміші, коефіцієнта масовіддачі і поверхні контакту фаз [6]. Десорбційовані з води речовини, зазвичай, направляють на спалювання.

Пілотна установка складається з прозорої колони внутрішнім діаметром 145 мм, виготовленої з органічного скла та розташованими в ній 5 тарілками *Maleta trays* [2], повітродувки, оснащеної частотним перетворювачем, насоса для води, двох електричних запірних клапанів, ротаметра, датчика тиску, датчика швидкості повітря, двох ємностей для живильної та кубової рідини.

Установка працює таким чином: у ємкість для живлення об'ємом 40 л заливають живильну воду з фіксованою концентрацією концентрату головної фракції. Ємкість кубової рідини залишається порожньою. Живильну воду подають насосом у верхню частину колони в сепаратор повітря, що відходить, і далі, через гідрозатвор у колону. При цьому за допомогою ротаметра і вентиля

регулюють витрату. Повітря подають у нижню частину колони за допомогою повітродувки. Витрату повітря регулюють частотним перетворювачем і вимірюють датчиком швидкості повітря. Час циклу встановлюють за заданою програмою електромагнітними клапанами на повітряній комунікації. В процесі роботи вода перетікає через колону із живильної в кубову ємність. Для пілотної установки витрата води в колону знаходилася в діапазоні 50—100 л на годину, а швидкість повітря в колоні коливається від 0,5 до 1,5 м/с.

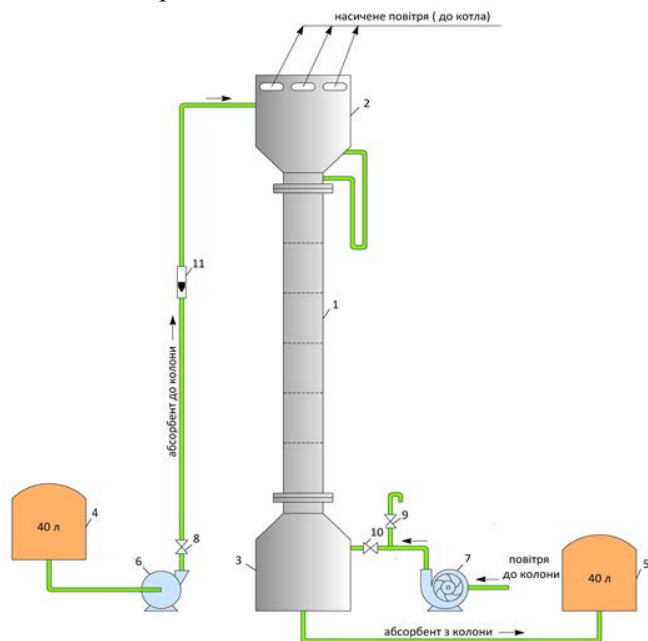


Рис. 1. Пілотна установка: 1 — колона; 2 — сепаратор повітря; 3 — куб колони; 4, 5 — ємність для абсорбента; 6 — насос для води; 7 — повітродувка; 8, 9, 10 — електромагнітні клапани; 11 — ротаметр

Результати і обговорення. Як завдання проведення випробувань визначалася можливість використання процесу десорбції для очищення концентрату головної фракції від летких органічних речовин і його подальшої переробки в технологічному процесі виробництва етанолу [5]. Найбільш близьким технологічним потоком за концентрацією етанолу до оптимальних умов проведення десорбції є бражка. Концентрація етанолу в бражці становить 7—12% об. Отже, доцільно проводити випробування з розведенням концентрату до значень 7—12% об'ємних з подальшим використанням очищеного розчину як добавки в бражку [1]. Решта технологічних параметрів десорбційної установки вибиралися з умови використання широкого діапазону навантажень на колону по рідині та повітрю. Так, для рідинного потоку було обране початкове навантаження в 100 л на годину, а швидкість повітря в колоні фіксувалася для всіх дослідів величиною 1 м/с. Час циклу вибирався оптимальним для кожного навантаження по рідині з урахуванням часу перетікання рідини з тарілки на тарілку.

У процесі проведення експериментів було прийнято рішення провести три серії дослідів з навантаженням по рідині в 100, 75, 50 л на годину. Масова витрата повітря становила близько 80 кг на годину при температурі близько 20°C. Крім того, для отримання гарантованих позитивних результатів перегонки і визначення меж можливості технології десорбції перегонка вихідної суміші проводилася три рази. Для наступних двох випробувань переганялася кубова рідина попереднього експерименту. Кількісний склад компонентів у водному розчині етанолу визначали за допомогою хроматографічного аналізу. При цьому одиницею виміру концентрації була розмірність міліграми на літр етанолу.

Таблиця 1. Результати видалення ефірів та альдегідів зі спиртоводною суміші:

потік повітря — 80 кг/год; потік води — 100 л/год ($6 \text{ м}^3/\text{м}^2$); початкова концентрація етанолу в живленні — 7,1%; етанол внизу — 6,2%

№	Компонент	Група	Живлення	Куб	Живлення	Куб	Живлення	Куб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Оцтовий альдегід	Альдегід	317	105	105	42	42	36
2	Метилацетат	Естер	116	64,5	64,5	23	23	17
3	Метанол	Алкоголь	1,0	0,15	0,15	0,13	0,13	0,19
4	Ізопропанол	Алкоголь	21	20,2	20,2	19	19	20
5	Ізобутилацетат	Ефір	12,6	0	0	0	0	0
6	н-пропанол	Алкоголь	52	67	67	54	54	73
7	Етилбутират	Естер	194	0	0	0	0	0
8	Ізобутиловий спирт	Алкоголь	667	583	583	438	438	574
9	н-бутанол	Алкоголь	135	0	0	0	0	0
10	Ізоаміловий спирт	Алкоголь	133	89	89	73	73	98
11	н-пентанол	Алкоголь	28	0	0	0	0	0

Таблиця 2. Результати видалення ефірів та альдегідів зі спиртоводною суміші:

потік повітря — 80 кг/год; потік води — 75 л/год ($4,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$); початкова концентрація етанолу в живленні — 7,2%; етанол внизу — 5,9%

№	Компонент	Група	Живлення	Куб	Живлення	Куб	Живлення	Куб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Оцтовий альдегід	Альдегід	660	53	53	8,8	8,8	8
2	Метилацетат	Естер	265	44	44	0	0	0
3	Метанол	Алкоголь	1,92	0,19	0,19	0,15	0,15	0,12
4	Ізопропанол	Алкоголь	29	24	24	23,4	23,4	17,5
5	Ізобутилацетат	Ефір	21	0	0	0	0	0
6	н-пропанол	Алкоголь	121	76	76	88	88	76
7	Етилбутират	Естер	373	0	0	0	0	0
8	Ізобутиловий спирт	Алкоголь	1341	696	696	518	518	362
9	н-бутанол	Алкоголь	208	0	0	0	0	0
10	Ізоаміловий спирт	Алкоголь	241	122	122	110	110	72
11	н-пентанол	Алкоголь	35	0	0	0	0	0

Таблиця 3. Результати видалення ефірів та альдегідів зі спиртоводною сумішш:
 потік повітря — 80 кг/год; потік води — 50 л/год ($3 \text{ м}^3/\text{м}^2$); початкова концентрація етанолу в живленні — 7,4%; етанол внизу — 5,8%

№	Компонент	Група	Живлення	Куб	Живлення	Куб	Живлення	Куб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Оцтовий альдегід	Альдегід	381	27	27	8,8	8,8	8,4
2	Метилацетат	Естер	147	15	15	0	0	0
3	Метанол	Алкоголь	1,14	0,18	0,18	0,2	0,2	0,2
4	Ізопропанол	Алкоголь	18	23	23	21,3	21,3	17,7
5	Ізобутилацетат	Ефір	10	0	0	0	0	0
6	н-пропанол	Алкоголь	58	129	129	125	125	115
7	Етилбутират	Естер	218	0	0	0	0	0
8	Ізобутиловий спирт	Алкоголь	821	819	819	574	574	463
9	н-бутанол	Алкоголь	149	0	0	0	0	0
10	Ізоаміловий спирт	Алкоголь	149	168	168	122	122	93
11	н-пентанол	Алкоголь	28	0	0	0	0	0

Усі компоненти суміші розчиняються у воді, в паровій і рідкій фазах являють собою гомогенну суміш. Завдання поділу на складові зводиться до очищення етанолу від супутніх домішок. Через низьку концентрацію кожного компонента закону Генрі [3] може слідувати кожен з компонентів суміші окремо. Всі домішки можна впорядкувати за такими класами: альдегіди, ефіри, метанол, сивушні масла. Як видно з результатів експериментів, видалення ефірів і альдегідів зі спиртоводною сумішш не є проблемним. Після другої обробки в десорбційній колоні їх кількість практично зводиться до нуля.

Метанол також видаляється із суміші шляхом десорбції. Однак встановлюється мінімальний поріг концентрації в розмірі близько 0,2% масових, після якого видалити метанол шляхом десорбції неможливо [4]. Якщо врахувати, що початкова концентрація метанолу в розчині може значно перевищувати 0,2%, то метанол також видаляється шляхом десорбції, а залишкова концентрація циркулює в технологічному процесі.

Сивушні масла можна розділити на два типи: летючі і нелетючі. До перших можна віднести н-бутанол і н-пентанол. Вже при першій обробці їх концентрація в кубі колони дорівнює нулю. Ізоаміловий, ізобутиловий, ізопропиловий спирти і н-пропанол демонструють мінімальну летючість. При рециркуляції в технологічному процесі вони виводяться як сивуха з ректифікаційної колони [6]. Також відбуваються втрати етанолу з повітрям, які знаходяться в діапазоні 10—15% до введення алкоголю. Промислова реалізація процесу не потребує великого обсягу інвестицій. Так, за попередніми розрахунками для заводу з виробництва етанолу харчового сорту продуктивністю 30 000 л на добу установка складатиметься з двох послідовно з'єднаних адсорбційних колонок діаметром 250—300 мм, на 5 підносів кожна, і висотою близько 2 метрів. Витрата повітря на обидві колонки складе близько 350 м^3 на годину. Відпрацьоване повітря направляють у котел для спалювання. При цьому його кількість не перевищує 1,5% від загальної кількості повітря, що направляється

в котел. Тож використання процесу десорбції при виробництві харчового етанолу надає можливість збільшити продуктивність заводу на 0,8—0,9% і утилізувати супутні домішки без шкоди для навколишнього середовища.

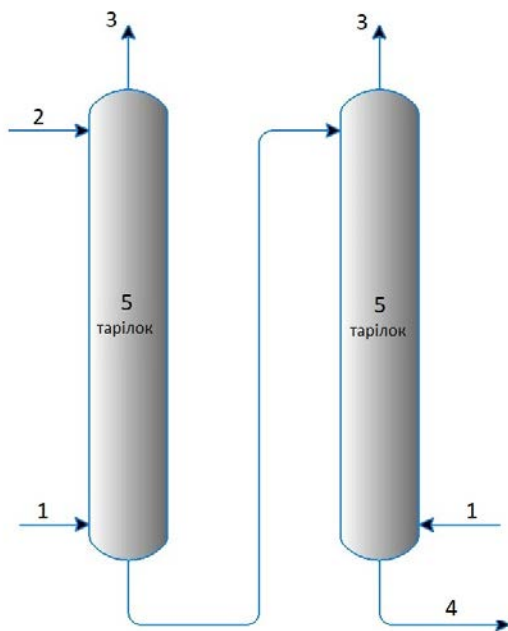


Рис 2. Промислова установка для виробництва етанолу:

1 — повітря до колони; 3 — повітря до котла; 2 — абсорбент до колони; 4 — продукт

Висновки

Сучасні вимоги до виробництва спирту етилового ректифікованого зводяться до покращення якості продукції, зменшення енергетичних витрат, збільшення виходу продукції та покращення екологічної ситуації. Запропонована технологія десорбції домішок головного характеру дає змогу рухатися по всіх цих напрямках. Головна очистка етанолу від супутніх домішок відбувається з використанням дистиляції — одного з найбільш енергомістких процесів. Десорбція домішок за допомогою повітря потребує мінімальну кількість енергії, яка витрачається тільки на повітродувку. Додатковий вихід продукції з відходів виробництва збільшує його ефективність і зменшує енергетичні витрати на одиницю продукції. Утилізація домішок шляхом спалювання в котлі запобігає потрапляння їх в атмосферу через випаровування, наприклад, в омивачах автомобільних стекол. Отже, запропонована технологія може бути використана на спиртових заводах України.

Література

1. Цыганков П. С. Ректификационные установки спиртовой промышленности. М. «Легкая и пищевая пром-сть», 1984. 336 с.

2. Maleta V., Kiss A., Taran V., Maleta B. Understanding process intensification in cyclic distillation systems. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. USA. July, 2011. Volume 50, Issue 7. P. 655—664.

3. Рамм В. М. Абсорбция газов [Текст]. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Химия, 1976. 655 с.

4. Харин С. Е., Перельгин В. М., Смирнов В. С. О фазовом равновесии жидкость–пар в системе этанол–вода–метанол. *Известия вузов СССР. Химия и химическая технология*. 1969. № 12. С. 1695.

5. А. С. № 1193159, Кл. С 12F 1/06. Способ получения ректификованного спирта из головной фракции / Ю. П. Богданов, Н. И. Гусева. В. П. Алексеев, Е. А. Грунин, М. Б. Садовский, М. В. Литвинец // Опубл. 23.11.1985, Бюл. № 43.

6. Харин С. Е., Ивлев О. С. Разделение эфирно-альдегидной фракции *Ферментная и спиртовая промышленность*. 1973. № 3. С. 37—38.

SUBSTANTIATION OF THE OPERATING MODE OF THE EQUIPMENT FOR MYCELIUM BIOMASS DRYING

V. Serediuk, O. Chepeliuk, O. Chepeliuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Rotary drum dryer
Convective-conductive
heat transfer
Mycelium
Drying
Temperature*

Article history:

Received 03.10.2019
Received in revised form
17.10.2019
Accepted 06.11.2019

Corresponding author:

O. Chepeliuk

E-mail:

lenasandul@yahoo.com

ABSTRACT

In order to increase the efficiency of biotechnology enterprises, it is necessary to ensure complete recycling of biosynthesis by-products. A mixture of wheat bran with mycelium biomass, which is formed in the production of citric acid, after drying, is advisable to use for animal feeding. The equipment traditionally used to dehydrate such mixtures is rotary dryers. The disadvantages inherent for them, especially the excessive heat consumption, do not allow businesses to increase their profitability.

To solve this problem, it is proposed to improve the rotary dryer design by placing the buckets on the inner surface of the drum with a slope of 1—2° to the generatrix of the cylinder, make them in the form of hollow buckets. The heating agent — hot air is supplied both inside the drum and into the cavity of the buckets, which allows to realize the convective-conductive heat exchange. This results in a significant increase in the amount of moisture extracted from the unit volume of the rotary dryer, reducing the material drying time. Regulating devices have been developed for supplying the heat agent into the bucket's cavities and for its further removal.

Investigation of the influence of the drum rotation frequency, the temperature and the heating agent speed on the temperature of the material layer was conducted using the application software Flow Vision and Solidworks Flow Simulation. When modeling it was taken into account the changes in the thermophysical characteristics of the mycelium during the drying process.

The results of the computational experiments confirmed the expediency of making the proposed changes in the basic rotary dryer design: the temperature of the material layer in the dryer reaches the required values much faster.

By the method of the full factorial experiment the regression equation was obtained, in accordance with which the drying result first of all is determined by the temperature of hot air, which is fed directly into the dryer and inside the buckets. The rational operating mode of the advanced dryer, at which the useful substances of the mycelium are stored, is the hot air temperature not above of 81.5°C.

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ МІЦЕЛІАЛЬНОЇ БІОМАСИ

В. В. Середюк, О. О. Чепелюк, О. М. Чепелюк

Національний університет харчових технологій

Для підвищення ефективності роботи підприємств біотехнологічної промисловості необхідно забезпечити повне перероблення побічних продуктів біосинтезу. Суміш пшеничних висівок з міцеліальною біомасою, яка утворюється при виробництві лимонної кислоти, після висушування доцільно використовувати для відгодівлі тварин. Обладнанням, яке традиційно використовується для зневоднення таких сумішей, є барабанні сушарки. Притаманні їм недоліки, насамперед надмірні витрати теплоти, не дають можливості підприємствам підвищити рентабельність роботи.

Для вирішення цього завдання запропоновано удосконалити конструкцію барабанної сушарки, розмістивши по внутрішній поверхні барабана з нахилом $1\text{--}2^\circ$ до твірної циліндра насадки, виконані у вигляді порожнистих ковшів. Гріючий агент — гаряче повітря — подається і всередину барабана, і в порожнини ковшів, завдяки чому здійснюється конвективно-кондуктивний теплообмін. У результаті забезпечується значне збільшення напруження за вилученою вологою з одиниці об'єму барабанної сушарки, зменшується тривалість сушіння матеріалу. Для подачі теплоагента в порожнини ковшів і подальшого його відведення розроблені регулюючі пристрої.

Дослідження впливу частоти обертання барабана, температури і швидкості руху теплоносія на температуру шару матеріалу проведені з використанням прикладного програмного забезпечення Flow Vision і Solidworks Flow Simulation. У ході моделювання враховано зміни теплофізичних характеристик міцелію в процесі сушіння. Результати обчислювальних експериментів підтвердили доцільність внесення в базову конструкцію сушарки запропонованих змін: температура шару матеріалу в сушарці досягає потрібних значень значно швидше.

Методом повного факторного експерименту отримано рівняння регресії, згідно з яким результат висушування насамперед визначається температурою гарячого повітря, яке подається безпосередньо в сушарку і всередину ковшів. Раціональними режимами роботи удосконаленої сушарки, при яких зберігаються корисні речовини міцелію, є температура гарячого повітря не вище $81,5^\circ\text{C}$.

Ключові слова: барабанна сушарка, конвективно-кондуктивний теплообмін, міцелій, сушіння, температура.

Постановка проблеми. У промисловості особлива увага приділяється ефективному використанню матеріальних ресурсів, в тому числі й побічних продуктів, зокрема міцелію, що утворюється при виробництві лимонної

кислоти. Значний вміст у міцелії органічних і мінеральних речовин, вітамінів, ферментів робить його цінною сировиною для виробництва кормів для тварин [1]. Поживна цінність міцелію становить 0,9—1,2 корм. одиниці. На сьогодні лише незначна частина міцелію висушується, решта — використовується для відгодівлі тварин після інактивації та часткового зневоднення пресуванням, що обмежує тривалість його зберігання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним зі способів перероблення міцеліальної біомаси є повторне використання грибкового міцелію для ферментації лимонної кислоти [2], однак складність реалізації цієї технології робить його нерентабельним. Ефективнішим є використання міцелію для виробництва кормів для тварин. За відомчими нормами, міцелій рекомендовано висушувати до вологості 10—12% у сушильних апаратах барабанного типу. Такі конструкції надійні в роботі, високопродуктивні й досить ефективні, мають порівняно низьку вартість, однак їх використання пов'язане з великими витратами енергоресурсів і потребує визначення спеціальних режимів для висушування конкретної продукції, тому вдосконалення сушарок барабанного типу є актуальним завданням.

Відомі результати експериментальних досліджень процесу сушіння, отримані методом синхронного аналізу [3]. Для впровадження їх у промислове виробництво необхідно визначити і враховувати масштабні коефіцієнти. Моделювання процесу сушіння в пакетах прикладних програм надає можливість створити геометричні моделі і задати граничні умови такими, щоб вони відповідали виробничим умовам.

Для отримання адекватних результатів при моделюванні процесу сушіння важливо враховувати зміни властивостей матеріалу, які відбуваються в ході теплових і масообмінних процесів. У науковій літературі недостатньо відомостей щодо характеристик продуктів, напівпродуктів і побічних продуктів мікробіологічного синтезу. Одними із небагатьох є праці [4; 5], спрямовані на ідентифікацію теплофізичних і сорбційно-структурних характеристик міцелію ністатину шляхом комплексного визначення теплофізичних характеристик, заснованого на вирішенні рівняння теплопровідності для необмеженого циліндра з граничними умовами першого роду, залежними від часу. В результаті оброблення експериментальних даних отримано кореляційні залежності коефіцієнтів теплопровідності, температуропровідності, питомої теплоємності міцелію від вмісту води в матеріалі U , який, у свою чергу, залежить від температури t [4]:

- максимальний гігроскопічний вологовміст матеріалу:

$$U_{m.g} = 2,540 - 3,919 \cdot 10^{-2} \cdot t + 6,580 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 6,561 \cdot 10^{-6} \cdot t^3; \quad (1)$$

- коефіцієнт теплопровідності:

$$\lambda = 0,06 + 0,01e - 0,5 \left(\frac{U - 3,023}{0,134} \right)^2; \quad (2)$$

- коефіцієнт температуропровідності:

$$a = \frac{5,555 - 1,254U^2 + 0,077U^4}{1 - 0,213U^2 + 0,011U^4 + 1,54 \cdot 10^{-4}U^6} \cdot 10^{-8}; \quad (3)$$

- питома теплоємність міцелію:

$$c = 782,96 + 19,687 \cdot U. \quad (4)$$

Мета статті: обґрунтування режиму роботи удосконаленої барабанної сушарки, в якій використовується контактнo-конвективний спосіб обігріву, для сушіння суміші міцелію з висівками, яка буде використана як складова кормів для тварин.

Матеріали і методи. Об'єктом досліджень є процес сушіння суміші міцелію з висівками, що відбувається у сушильному апараті барабанного типу з конвективно-кондуктивним теплообміном. Предмет досліджень — режими роботи вдосконаленої барабанної сушарки.

Розглянуто висушування матеріалу в барабанній сушарці з насадками, виконаними у вигляді пустотілих ковшів, встановлених по внутрішній поверхні барабана по всій його довжині з нахилом 1—2° відносно твірної циліндра в напрямку розвантаження. Теплоагент подається всередину сушарки і в кожен із ковшів. Підведення і відведення теплоносія в ковші здійснюється з допомогою регулюючих пристроїв [6].

У ході дослідження використана методологія повного факторного експерименту та виконано імітаційне моделювання в пакетах Flow Vision і Solidworks Flow Simulation. Керованими параметрами було обрано частоту обертання барабана (3—5 об./хв), температуру (80—85°C) і швидкість подачі теплоносія (1—3 м/с). Цільовою функцією — температуру шару матеріалу, який висушується.

У ході моделювання враховані зміни теплофізичних характеристик (коефіцієнтів тепло- і температуропровідності, питомої теплоємності) міцелію в процесі сушіння.

Міцелій характеризується як перехідно-пористий матеріал [5], тому при проведенні обчислювальних експериментів використана модель «Пористе середовище з порозністю шару 0,54». Гідравлічний опір пористого середовища задано фільтром анізотропного опору.

Геометричні моделі барабана для сушіння, насадок у вигляді ковшів і завантажувального бункера (рис. 1) створені в програмах Solidworks і Компас 3D для подальшого моделювання в програмних комплексах Solidworks Flow Simulation і Flow Vision відповідно.

При постановці задачі задані початкові значення турбулізації потоку, початковий розподіл температури каркаса (міцелію) у всій розрахунковій області ($T_{\text{ini, carcass}} = 40^\circ\text{C}$).

Теплофізичні характеристики задані у вигляді залежностей від вологості (формули 2—4), який, у свою чергу, є функцією температури (формула 1).

Граничні умови (частота обертання барабана, температура теплоносія і швидкість його подачі), які описують взаємодію суміші міцелію з висівками з

елементами обладнання, змінювались у восьми серіях дослідів згідно з планом ПФЕ. На поверхнях контакту матеріалу з обладнанням задані граничні умови «Стінка» з логарифмічним профілем швидкості. На виході матеріалу із сушарки задана гранична умова «Вільний вихід» з атмосферним тиском.

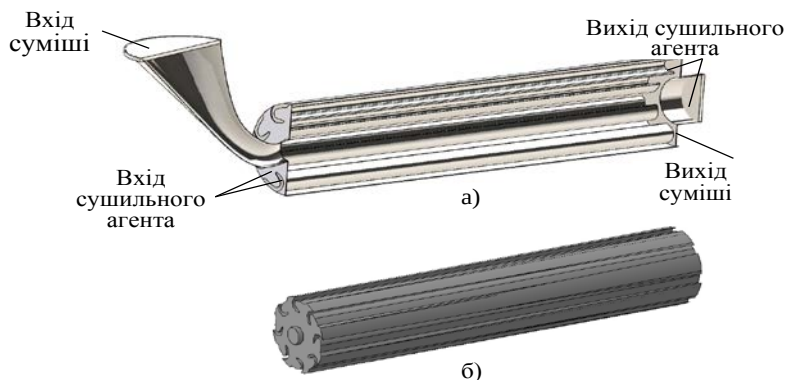


Рис. 1. Геометричні моделі барабанної сушарки, виконані у програмі Solidworks (а) і Компас-3D (б)

Результати і обговорення. Визначальним показником, який характеризує процес сушіння термочутливих матеріалів, є температура висушуваного продукту, оскільки перевищення її граничних значень призводить до інактивування ферментів руйнування інших корисних речовин у міцелії. Оскільки висушений з висівками міцелій передбачається використовувати на корм тваринам і це має бути продукт тривалого зберігання, важливо витримувати й задану кінцеву вологість продукту. Але у використаному програмному забезпеченні проаналізувати цей показник неможливо.

Результати повного факторного експерименту засвідчили, що серед трьох розглянутих параметрів на кінцевий результат (температуру шару матеріалу) найбільше впливає температура теплоагента, інші два параметри виявилися незначущими:

$$t_{\text{ш.м}} = 78,41 + 4,2 \cdot \frac{t - 82,5}{2,5},$$

де $t_{\text{ш.м}}$, t — температура шару матеріалу і теплоагента відповідно, °С.

Матеріал рухається в барабані, поступово прогріваючись від початкових 40°С до кінцевої температури, яка залежить від умов теплообміну, насамперед, температури теплоносія. В часі i , відповідно, по довжині барабана, температура шару міцелію змінюється за експоненційним законом (рис. 2), набуваючи найбільших значень 82,6°С за найбільшої з розглянутих температур. Різниця між базовим варіантом, в якому ковші не обігріваються, і подаванням в них теплоносія температурою 85°С становить 2,5°С, або 3,1%.

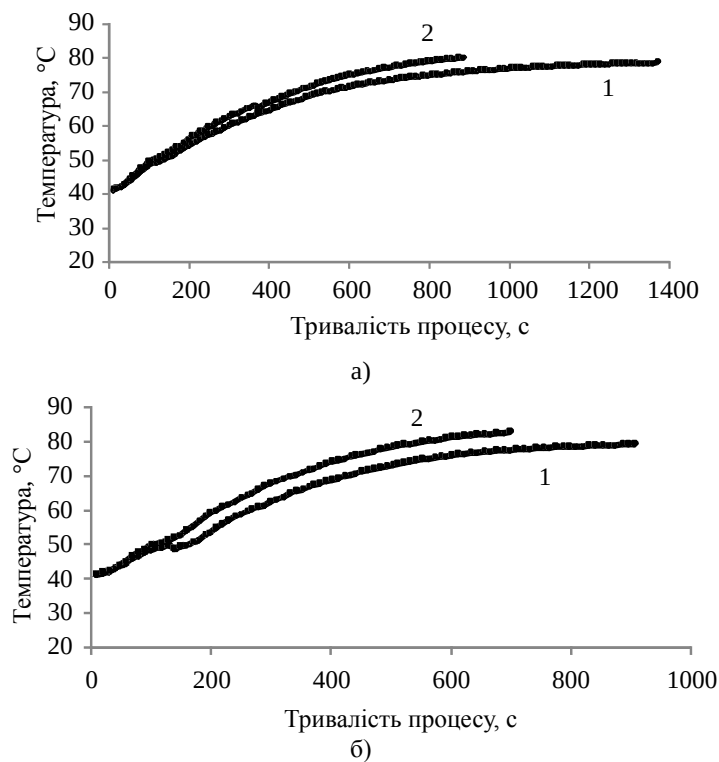


Рис. 2. Зміна в часі температури шару матеріалу в барабанній сушарці для варіантів без подачі (1) та з подачею (2) теплоносія в ковші при температурі теплоносія: а — 80°C, б — 85°C

Узагальнена залежність, яка характеризує вплив температури теплоносія на температуру шару матеріалу на виході з барабанної сушарки, в якій реалізований процес конвективно-кондуктивного теплообміну, представлена на рис. 3.

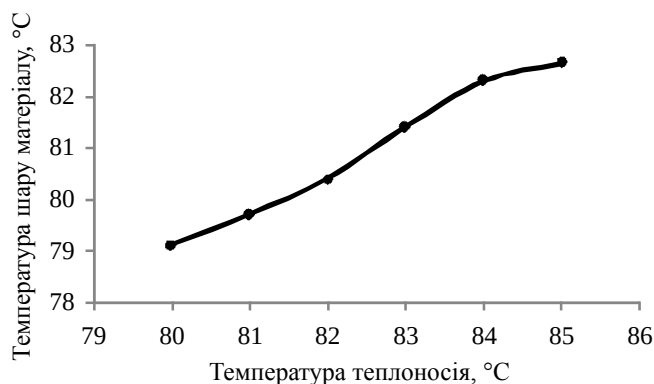


Рис. 3. Залежність температури шару матеріалу на виході із сушарки від температури теплоносія

При висушуванні міцелію рекомендується, щоб його температура не перевищувала 80°C для збереження поживних речовин і ферментів, тому для розглянутої конструкції сушарки температура теплоносія має становити не вище $81,5^{\circ}\text{C}$ (рис. 3). Саме це значення використано при проведенні обчислювальних експериментів у програмі Solidworks Flow Simulation. Їх результати свідчать, що за умов конвективно-кондуктивного теплообміну температура суміші міцелію з висівками досягає усталених значень 79°C на довжині сушарки 6 м і надалі не змінюється (рис. 4), що надає можливість зменшити довжину барабана сушарки з 8 до 6 м.

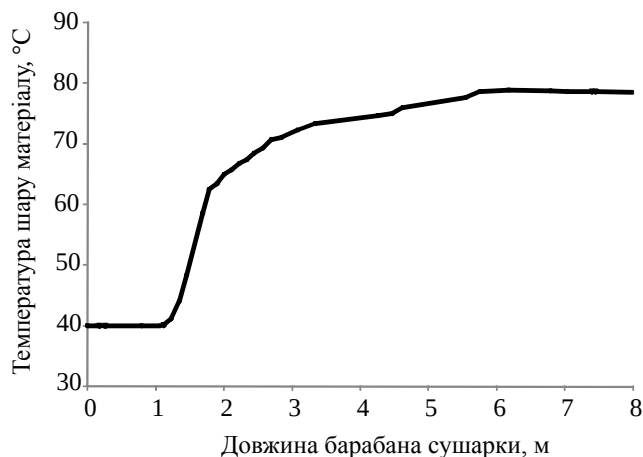


Рис. 4. Зміна температури шару матеріалу по довжині барабана

Перевагою запропонованої конструкції ковшів є можливість вивантаження матеріалу над потоком теплоносія, проходячи крізь який матеріал отримує більше теплоти і, відповідно, віддає більше вологи.

Продуктивність сушарки і якість висушування часточок вологого матеріалу залежить від тривалості їх перебування в барабані. А вона, у свою чергу, — від швидкості руху часточок.

Швидкість кожної із часточок циклічно змінюється по довжині барабана. При вході в барабан вологий матеріал потрапляє на ковші, в яких рухається до моменту висипання (цей етап триває близько 6 с). Швидкість часточок при цьому дорівнює куловій швидкості барабана. В момент висипання з ковшів швидкість різко збільшується внаслідок вільного падіння під дією сили тяжіння, а надалі цикл повторюється. Осьова складова швидкості часточки формується завдяки нахилу барабана, винесенню її з теплоносієм та нахилу ковшів відносно твірної барабана.

Узагальнена швидкість матеріалу у вигляді графічної залежності (рис. 5, 6) демонструє, що максимальні швидкості часточок спостерігаються на вході в сушарку при їх русі з приймального бункера. Швидкість вологого матеріалу інтенсивно зменшується. Її незначне підвищення на відстані 0,5 м від входу в барабан обумовлене конфігурацією ділянки виходу з бункера в барабан. Стабілізація значень швидкості відбувається приблизно на відстані 1 м від місця

входу продукту на рівні 0,3 м/с. Така закономірність характерна як для графіків, отриманих у FlowVision, так і у Solidworks Flow Simulation.

Характер отриманих залежностей однотипний. Як видно, швидкість матеріалу стабілізується на рівні 0,3 м/с. Результати зміни швидкості, отримані у FlowVision і Solidworks Flow Simulation, практично однакові, що свідчить про правильність постановки задачі й адекватність отриманих результатів.

Дані щодо швидкості руху матеріалу в сушарці складно отримати експериментальним шляхом. Визначення їх з допомогою імітаційного моделювання спрощує визначення тривалості перебування матеріалу в барабані і є корисним для інженерних розрахунків.

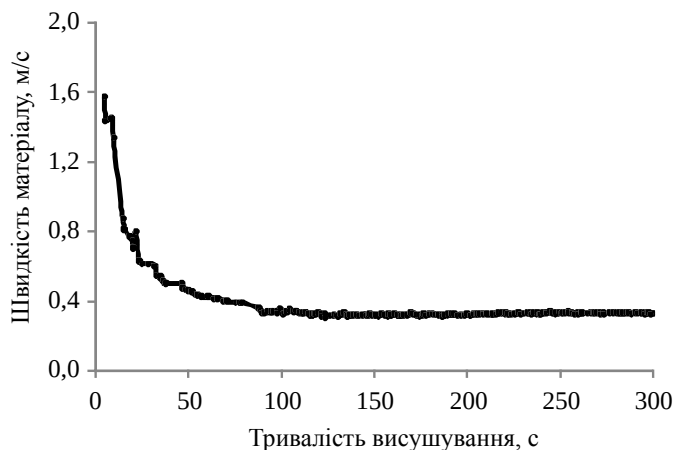


Рис. 5. Зміна швидкості матеріалу в часі, обчислена у програмі FlowVision

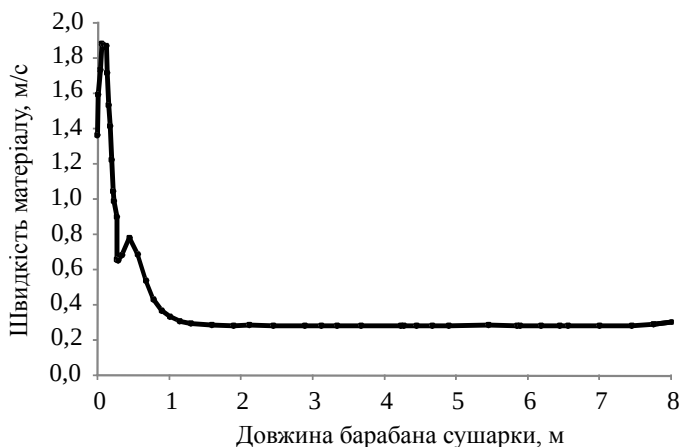


Рис. 6. Розподіл швидкості по довжині барабана, обчислений у програмі Solidworks Flow Simulation

Зі збільшенням швидкості руху теплоносія до 3 м/с процес сушіння скорочується і становить 12,6 хв. Оскільки за розрахунками швидкість виносу найменших часточок складає 3,03 м/с, швидкість теплоагента понад 3 м/с викорис-

товувати недоцільно. З додатковим підігріванням ковшів за рахунок подавання в них гарячого повітря матеріал прогрівається значно швидше.

Висновки

Насадки всередині барабана сушарки доцільно виконувати у вигляді порожнистих ковшів, в які подається теплоагент. Використання конвективно-кондуктивного теплообміну в барабанних сушарках інтенсифікує процес і забезпечує рівномірне прогрівання шару матеріалу до заданих значень, зменшує тривалість сушіння матеріалу.

Температура шару матеріалу, який висушується, змінюється за експоненційним законом і залежить насамперед від температури теплоагента. Раціональним режимом роботи удосконаленої сушарки для висушування суміші міцеліальної біомаси і висівок є температура теплоносія 81,5°C.

Література

1. Клишанец Е. Т., Троцкая Т. П., Апанович З. В. Исследование свойств хитина различного происхождения. *Вестник Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 6. Тэхніка*. 2015. № 1 (198). С. 99—104.
2. Ikram ul Haq, Sauda Ali, Asad Rehman. Re-use of fungal mycelium for the production of citric acid by *Aspergillus niger*. *Pakistan Journal of Botany*. 2003. № 35(4). P. 553—556.
3. Роман Т. О., Мазуренко О. Г., Кубайчук О. О., Вовкодав Н. І. Моделювання процесу сушіння ніжок печериці. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Том 21. № 6. С. 147—153.
4. Чайка А. Ю., Исаев В. Н., Сливченко Е. С. Исследование теплофизических характеристик мицелия нистатина. *Известия вузов. Химия и химическая технология*. 2010. Т. 53, вып. 5. С. 119—120.
5. Чайка А. Ю., Исаев В. Н., Сливченко Е. С. Исследование сорбционно-структурных характеристик мицелия нистатина. *Известия вузов. Химия и химическая технология*. 2010. Т. 53, вып. 1. С. 100—102.
6. Середюк В. В., Прохоров О. М. Патент України 119355. Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності». 2017.

УДК 637.5.03/05(075.8)

USE OF ORANGE NUTITIONAL FIBERS IN PRODUCING OF MEAT PRODUCTS

L. Bal'-Prylypko, B. Leonova, M. Ryabovol

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Key words:

*Foodstuffs
Fibers Citri-Fi
Additive
Ballast substance
Water holding
Forming of meat gel*

Article history:

Received 03.10.2019
Received in revised form
18.10.2019
Accepted 13.11.2019

Corresponding author:

B. Leonova
E-mail:
webmed@ukr.net

ABSTRACT

The problem of introduction of adequate diets is actual nowadays. Hence, now one of crucial problems to solve is development of balanced rations of alimentation, which contain proteins, fats and hydrocarbons, and minor essential substances for normal functioning of organism. One of essential components introduced in rations is alimentary fiber, that is not digested and passed through the gastrointestinal tract promoted to stabilize dynamics of normal passing of physiological processes. One more significant function of alimentary fibers in food industry is rising of output of finished foods because of their property of holding water retained by the product, which is not usually big and needs to be optimized. Therefore, one of perspective directions of research is founding new types of fibers to use in modern products.

One of the promising components of foods now are the orange alimentary fibers Citri-Fi recommended for use as additive to foodstuffs. Such fibers are produced in reprocessing of natural raw materials and are not hazardous from the viewpoint of origination of allergic effects in their consumption. There were listed the spheres of use of basic types of fibers produced industrially and it was shown that Citri-Fi fibers possess with the biggest capacity in holding water of up to 15% among the ballast fibers that hold 2—6.6% used as additives to foodstuffs and produced by reprocessing of traditional raw materials. One more positive property of Citri-Fi fibers is decreasing in their use as components of foods of fat compared to their traditional formulations, as well as the capability to use such fibers instead of phosphates, carragenans and some other substances as traditional additives to foods. It was shown the expedience of use of orange alimentary fibers Citri-Fi in meat products as agents that assist in increasing of output and decreasing of their prime cost in preservation of their positive organoleptic indices of quality.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-6-17

ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ АПЕЛЬСИНОВИХ ВОЛОКОН ПРИ ВИРОБНИЦТВІ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

Л. В. Баль-Прилипко, Б. І. Леонова, М. В. Рябовол

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Проблема повноцінного харчування набуває особливої гостроти, тож одним із основних завдань є розробка збалансованих раціонів харчування, які, крім основних компонентів, містять речовини, необхідні для нормального функціонування організму людини. Одним із важливих компонентів сучасної їжі стає забезпечення організму достатньою кількістю харчових волокон, які в організмі не перетравлюються і при проходженні шлунково-кишковим трактом сприяють стабілізації динаміки проходження фізіологічних процесів. Крім того, серед основних функцій харчових волокон є підвищення виходу готової продукції за рахунок утримування в продукті сорбованої вологи — показника, який у більшості випадків є недостатньо високим і потребує оптимізації.

Перспективним напрямком пошуку є виявлення нових видів волокон для використання у харчових продуктах. Це можуть бути апельсинові харчові волокна Citri-Fi, рекомендовані до використання як добавка до харчових продуктів. Волокна отримані шляхом переробки натуральної сировини, тому вони не становлять алергенної загрози.

У статті наведено основні властивості волокон, які виробляються у промислових масштабах. Показано, що серед наявних на ринку баластних речовин, які, зазвичай, використовуються як добавки до харчових продуктів, волокна Citri-Fi мають найвищу здатність до зв'язування й утримування вологи — до 15%, порівняно з відповідними параметрами 2—6,5%, що досягаються при використанні волокон, отриманих переробкою традиційної сировини. Серед позитивних властивостей волокон Citri-Fi є зменшення при їх використанні в харчових продуктах необхідної за рецептурами кількості жиру та можливість використання замість фосфатів, карагенанів та інших традиційних харчових добавок. Доведено доцільність використання апельсинових волокон Citri-Fi у м'ясних продуктах як агентів, що сприяють підвищенню виходу готової продукції та зменшенню її собівартості без втрати позитивних органолептичних показників якості.

Ключові слова: харчові продукти, волокна Citri-Fi, добавка, баластна речовина, утримання вологи, формування м'ясного гелю.

Постановка проблеми. Однією з нагальних проблем харчування на сучасному етапі є розробка збалансованих раціонів, які, крім основних компонентів, містять речовини, необхідні для нормального функціонування організму людини. Серед таких важливим елементом харчування людини є харчові волокна або рослинна клітковина [1; 2]. Лікарі-дієтологи рекомендують вводити її в щоденний раціон, щоб стабілізувати динаміку перебігу фізіологічних процесів і підвищити рівень імунного захисту організму. Клітковина сприяє пониженню рівня холестерину в крові та нормалізації складу мікрофлори травної

системи, зв'язує жовчні кислоти, дещо знижує рівень цукру в крові при порушенні вуглеводного обміну, проявляє пребіотичну дію. Волокна знижують калорійність їжі і, оскільки у шлунково-кишковому тракті відсутні ферменти, які їх розщеплюють, доходять як баластна речовина до товстого кишківника у незмінному вигляді, посилюючи таким чином процеси перистальтики [3].

За сучасного етапу розвитку харчової промисловості проблема введення у раціони харчових волокон набула особливої актуальності, оскільки за останні 100 років рівень споживання людиною грубоволокнистої їжі знизився. Так, у 1879 р. він складав у середньому на людину 13,2 г в день, а в 1968 р. — 5 г. За період з 1909 р. по 1969 р. в США зафіксовано зниження споживання з 6,8 до 4,9 г в день, що пов'язано із зменшенням використання продуктів грубого помелу зерна, овочів і частково фруктів [4].

Метою статті є аналіз перспективних джерел збагачення їжі харчовими волокнами і визначення нових перспективних видів продукції, яка їх містить у готовому до споживання вигляді.

Викладення основних результатів дослідження. Наразі одним з пропонувань для корекції дефіциту харчових волокон у структурі харчування є метилцелюлоза, вироблена обробкою хлороформом целюлози у лужному середовищі при підвищеній температурі. Введення її у фаршеві продукти суттєво підвищує їхню здатність утворювати гелі та емульсії [5]. Однак провідні провайдери харчових продуктів (Whole Foods, Panera та ін.) визнали метилцелюлозу небажаною добавкою до харчових продуктів, що актуалізує пошук нових перспективних її замінників.

Серед таких останнім часом на ринок введені апельсинові волокна як новий перспективний компонент здорового харчування та потенційний компонент нових видів продуктів функціонального призначення. Наразі на ринку пропонується вилучене з кліткових тканин висушеної апельсинової м'якоті без використання хімічних реагентів натуральне волокно Citri-Fi [6], вироблене на заводі Fiberstar Inc. (США) згідно з вимогами належної виробничої практики, Федерального акта «Про харчові продукти, ліки та косметику» [7] та Директиви FSIS 7120.1 «Salmonella Antimicrobials for Poultry Products» [8]. Продукт являє собою дрібний порошок бежевого кольору того ж складу, що й апельсинова м'якоть, на 68,2% складається з харчових волокон (33,3% розчинних і 34,9% нерозчинних). Хімічний склад продукту наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Хімічний склад апельсинових волокон Citri-Fi (%)

№ п/п	Компонент	Вміст, %
1	Вуглеводи	80,6
2	Білок	8,2
3	Зола	2,7
4	Жир	1,1
5	Волога	7,4

Апельсинові волокна Citri-Fi не викликають алергію і не становлять алергічних ризиків для споживачів. Основною метою їх використання є заміна ряду добавок до харчових продуктів, починаючи з фосфатів та карагенанів і до діоксиду титану та моно- і дигліцеридів.

На ринку представлений достатньо широкий спектр волокон, коротка характеристика яких наведена в табл. 2.

Таблиця 2. Апельсинові волокна Citri-Fi, представлені на ринку

Назва	Спосіб отримання
Citri-Fi® 100	Волокно з частинками (95%), що проходять через сито з отворами 30 меш
Citri-Fi® 100FG	Волокно з частинками (95%), що проходять через сито з отворами 100 меш
Citri-Fi® 100M40	Волокно з частинками (95%), що проходять через сито з отворами 200 меш
Citri-Fi® 100M20	Волокно з частинками найменшого розміру
Citri-Fi® 125FG	Волокно з частинками (95%), що проходять через сито з отворами 100 меш
Citri-Fi® 125M40	Волокно з частинками (95%), що проходять через сито з отворами 200 меш
Citri-Fi® 200	Волокно з добавкою гуарової камеді з частинками (95%), що проходять через сито з отворами 30 меш
Citri-Fi® 200FG	Волокно з добавкою гуарової камеді з частинками (95%), що проходять через сито з отворами 100 меш
Citri-Fi® 200M40	Волокно з добавкою гуарової камеді з частинками (95%), що проходять через сито з отворами 200 меш
Citri-Fi® 300FG	Волокно з добавкою ксантанової камеді з частинками (95%), що проходять через сито з отворами 100 меш
Citri-Fi® 300M40	Волокно з добавкою ксантанової камеді з частинками (95%), що проходять через сито з отворами 200 меш

Волокна характеризуються об'ємною структурою з великою кількістю гідрофільних груп, що обумовлює їхню здатність до набухання й утримування до 15 масових часток вологи на 1 масову частку волокна [9] протягом усього циклу виробництва та зберігання готового продукту [10].

Серед харчових волокон волокна Citri-Fi характеризуються найбільш високою здатністю до утримання сорбованої води (табл. 3).

Таблиця 3. Кількість вологи, утримуваної при набуханні деяких видів харчових волокон (см³/г)

№ п/п	Вид волокна	Кількість утримуваної вологи
1	Citri-Fi 200	13,35
2	Citri-Fi 100	9,95
3	Морква	6,56
4	Апельсин	5,02
5	Пшениця	4,69
6	Бавовна	3,13
7	Томат	2,98
8	Целюлоза із зерном 30 мікрон	2,78
9	Бурак	2,68
10	Соя	2,48
11	Овес	2,32

Також, завдяки здатності зв'язувати жир, апельсинові волокна у комбінації з агаром і крохмалем формують емульсії, де виконують функції желю-

ючого агента, а інші два гідроколоїди забезпечують стійкість і збереження форми виробу у холодному та гарячому стані [5]. Суттєві переваги використання волокон Citri-Fi у харчових продуктах наведені в табл. 4 [9].

Таблиця 4. Функціональні переваги використання апельсинових волокон Citri-Fi у харчових продуктах

Сегмент	Переваги використання
Хлібопродукти	Зменшення калорійності, зменшення дозування яєць та жиру, заміна глютену, стабілізація, утримування вологи та пектину, збільшення стійкості до розриву, покращення текстури
Проохолоджувальні напої, соки та фруктові коктейлі	Надання мутності, загущення, стабілізація, заміна камеді, збагачення смаку, емульгування, стабілізація
Сири, заморожені молочні десерти, йогурти	Емульгування, стабілізація, зменшення кількості жиру, зменшення кількості утримуваної вологи, покращення текстури, загущення, збільшення виходу
Салати, концентровані супи та соуси	Покращення адгезії, емульгування, стабілізація, зменшення дозування жиру, збагачення смаку, надання м'якості
Заморожені десерти, начинки піци та овочів	Утримування вологи, зменшення дозування жиру, зменшення кількості кристалізованої вологи,
М'ясні консерви, маринади, заміниники м'яса	Збільшення утримуваної вологи, покращення текстури, зменшення дозування/заміна фосфатів, збільшення виходу
Продукти дієтичного та оздоровчого призначення	Зменшення калорійності, зменшення дозування яєць та жиру, відсутність глютену, зменшення дозування фосфатів, заміна камедей, зменшення дозування/заміна консервантів

Ще одним позитивним ефектом введення апельсинових волокон у рецептуру харчових продуктів є суттєве зменшення під час смаження рівня випаровування з них води порівняно із сумішами, які їх не містять [11]. Ця та ряд інших цінних властивостей сприяють широкому використанню волокон Citri-Fi як компонента м'ясних напівфабрикатів, варених і напівкопчених ковбас, де вони виконують такі функції:

- стабілізують та міцно утримують сорбовану воду;
- заміняють у рецептурах до 30% свинячого жиру у м'ясі емульсій;
- підвищують рівень натуральності харчових композицій;
- сприяють стабілізації продукції у процесі зберігання.

Виробником рекомендований широкий спектр потенційних сфер застосування волокон Citri-Fi (табл. 5) [9].

Таблиця 5. Рекомендовані сфери використання апельсинових харчових волокон Citri-Fi

Сфера застосування	Тип волокна	Мета використання	Рекомендоване дозування, %	Орієнтовне співвідношення волокно:сорбована вода
1	2	3	4	5
М'ясні консерви	100FG, 125FG, 200FG	Емульгування, зменшення втрат води гелем при зберіганні	0,25—1,00	—

Продовження таблиці 5.

1	2	3	4	5
Захисний шар води на креветках	100M40	Утримання води, покращення текстури	0,25—0,50	—
Захисний шар сухої речовини на птиці	100, 300FG	Утримання води, покращення адгезії маринаду	0,25—0,50	—
М'ясні емульсії	100FG, 200FG	Утворення емульсії, покращення текстури, збільшення виходу	0,25—0,50	1:4÷7
Шашличне м'ясо	100, 100FG	Зменшення дозування фосфатів, протидія зменшенню об'єму, збільшення виходу	0,25—1,00	1:4÷7
		Протидія зменшенню об'єму, збільшення виходу	0,25—0,75	1:4÷10
Пиріжки з яловичиною	100FG, 125FG, 200FG	Утримання вологи, протидія зменшенню об'єму	0,25—0,75	—
М'ясні начинки	200, 200FG	Зв'язування води та жиру для запобігання їх міграції, збільшення виходу	0,25—1,00	1:4÷7
Ковбасні вироби	100FG, 200FG	Зменшення дозування фосфатів, протидія зменшенню об'єму, збільшення виходу	0,25—1,00	1:4÷7
Фрикадельки м'ясні яловичі	100FG, 125FG, 200FG	Збільшення виходу, протидія зменшенню об'єму	0,25—1,00	1:4÷7
	100FG, 200FG	Зменшення дозування фосфатів		
Відбивні м'ясні м'ясні яловичі	125FG, 200FG	Заміна яєць (100%)	—	1:9
Маринади для приготування птиці	200FG, 300FG, 100M40	Збільшення виходу, покращення адгезії маринаду, покращення текстури	0,20—0,75	—
Розчини для ін'єкцій (птиця)	100M40	Збільшення виходу, заміна фосфатів	0,25—0,75	1:4÷7

Здатність утримувати значну кількість води із заміною до 20% загальної маси продукту дає змогу застосовувати продукти Citri-Fi при посолі м'яса при дозуванні 1...1,2 кілограми волокон (співвідношення вода:клітковина = 1:10...1:13) на 100 кілограмів несоленого м'яса. Одна з рекомендованих для цього рецептур наведена як приклад у табл. 6 [11; 12].

Таблиця 6. Рецептури м'ясних напівфабрикатів з використанням апельсинових харчових волокон Citri-Fi, (%)

Інгредієнт	Контроль	З додаванням 0,5÷1% волокон CF100	З додаванням 0,5÷2% волокон CF150
1	2	3	4
Яловичина	88,6	88,6	88,6

1	2	3	4
Вода	10,0	10,0	10,0
Суміш спецій	0,4	0,4	0,4
Сіль	1,0	1,0	1,0
Citri-Fi CF 100	—	0,5	—
Citri-Fi CF 150	—	—	0,5

Висновки

На основі виконаного аналізу властивостей вироблених з натуральної сировини джерел збагачення раціонів харчовими волокнами проаналізовано позитивні властивості спектра апельсинових харчових волокон Citri-Fi, рекомендованих до введення у м'ясні продукти. Показано, що їх використання надає виробникам ряд переваг завдяки суттєвому скороченню виробничих витрат і збільшенню виходу готового продукту без втрати ним базових органолептичних властивостей.

Література

1. Топольник В. Г. Комплексна оцінка якості кулінарної сировини за фізико-хімічними показниками. *Вісник ДонДУЕТ*. 2002. № 1(13). С. 60—66.
2. Топольник В. Г., Ратушний А. С. Системний аналіз процесів виробництва кулінарної продукції. Донець: ДонГУЕТ, 2003. 152 с.
3. Баль-Прилипко Л. В., Леонова Б. І., Ціпан І. С., Рябовол М. В., Старкова Е. Р. Перспективи використання харчових цитрусових волокон у технології варених ковбасних виробів. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (17—18 квітня 2019 р.): Київ: НУБіП, 2019. С. 156—158.
4. Актуальні проблеми м'ясопереробної галузі: Підручник / Л. В. Баль-Прилипко, Н. М. Слободянюк, Б. І. Леонова, Ю. П. Крижова. Вид. 2-ге, випр. та доп. К.: ЦПІ «Компринт», 2016. 423 с.
5. Watson E. Fiberstar touts citrus fiber as consumer-friendly alternative to methyl cellulose in plant-based meats. URL: <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2019/08/07/Fiberstar-touts-citrus-fiber-as-consumer-friendly-alternative-to-methyl-cellulose-in-plant-based-meats>.
6. Products — The Citri-Fi Clean Label Fiber Line — Fiberstar. URL: <https://www.fiberstar.net/citrus-fiber-products>.
7. Federal Food, Drug and Cosmetic Act (FD&C Act). URL: <https://www.fda.gov/.../laws-enforced-fda/federal-food-drug-and-cosmetic-act-fdc-act>.
8. United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service, 7000 series, Processed products, Safe and Suitable Ingredients Used in the Production of Meat, Poultry and Egg Products — Revision 51 (Jun 7, 2019; 3 pp URL: <https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/ffsis/topics/regulations/directives/7000-series/>).
9. Citri-Fi® Usage Guide Enhancing Products...Naturally™. A comprehensive guide to Citri-Fi natural citrus fiber and specialty blends in meat, bakery, sauces, dairy and beverage applications URL: file:///C:/Users/User/AppData/Local/Temp/Rar\$DI89.451/Citri-Fi_Usage_Guide_DEC2017.pdf].
10. CITRI-FI — натуральний обогатитель для мясных продуктов. URL: file:///C:/Users/User/AppData/Local/Temp/Rar\$DI48.236/citri-fi_naturalnii_obogatitel.pdf.
11. Paska M., Bal-Prylypko L., Masliichuk O., Lychnik M. Microstructural Analysis of Forcemeats of Ready-To-Cook Chopped Meat with Functional Ingredients. *Food science and technology*. 2018. V. 12. Issue 4. P 110—116. URL: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v12i4.1208>.
12. Increase Cooked Yield in Burger Patties. URL: file:///C:/Users/User/AppData/Local/Temp/Rar\$DI54.349/Burgers_APR2019.pdf

POLYVINILPOLYPYROLIDON TO PREVENT «PINKING» IN WHITE WINES

M. Bilko, A. Oliynyk, D. Babko*National University of Food Technologies*

Key words:

White wines
Color
Pinking
Polyvinylpyrrolidon
Phenolic substances

Article history:

Received 07.10.2019
Received in revised form
21.10.2019
Accepted 04.11.2019

Corresponding author:

M. Bilko
E-mail:
aromat@ukr.net

ABSTRACT

The effect of pyrovinylypyrrolidone (PVPP) preparations on the tendency to pinking of white dry table wines is investigated in the article. The influence of the degree of ripeness of grapes and the place of application of preparations on pinking is investigated in the article. The research materials were white table wine made in the production process. In the experiment Chardonnay grapes with a mass concentration of sugars 200.1...218.1 g/l were used. In their technology, commercial drugs based on PVPP were used: Polykeys, Polypress AF, Polyclin, Freshprotect, Colorprotect (France). PVPP was added to the must during fermentation. Other preparations were introduced into the wine during the gluing. The dosage of preparations was 6...12 g/dal according to the manufacturer's recommendations. The must was sulfited at a dosage of 80 mg/l, it was fermented on a Lalvine Q23 yeast race. During fermentation, the wort temperature was 14...16°C. To detect the tendency of wine materials to "pinking" a technique with hydrogen peroxide was used. The tendency to "pinking" was taken as the percentage deviation of the optical density of wine materials at a wavelength of 520 nm after oxidation with hydrogen peroxide.

The use of PVPP in the manufacture of wine materials does not protect white wine materials from oxidation, unlike the use of PVPP preparations at the stage of gluing. The preparations Polikeys and Polypress AF, which include casein and bentonite or gelatin, activated carbon and gelatin, contribute to greater removal of phenolic compounds. These preparations are more effective in reducing the appearance of pinking in white wine materials during gluing than Polyclin, Freshprotect, Colorprotekt, containing cellulose, gum arabic and plant protein.

The degree of ripening of the grapes influences the tendency of the wine materials to "pinking", which increases with increasing sugar content of the grapes from which the wine materials are made.

ПОЛІВІНІЛПОЛІПІРОЛІДОН ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ПОРОЖЕВІННЮ У БІЛИХ ВИНАХ

М. В. Білько, А. О. Олійник, Д. Є. Бабко

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив препаратів на основі піровінілпіропіралідону (ПВПП) на здатність до порожевіння, або «*pink*ing» білих столових сухих виноматеріалів залежно від ступеня зрілості винограду та місця внесення препаратів. Матеріалами досліджень були білі столові виноматеріали, виготовлені в умовах виробництва із винограду сорту Шардоне з масовою концентрацією цукрів $200,1 \dots 218,1$ г/дм³. У технології застосовували комерційні препарати на основі ПВПП: Полікейс, Поліпрес AF, Поліклін, Фрешпротект, Колорпротект (Франція). ПВПП був внесений у сусло під час бродіння, решту препаратів використовували під час їх оклеювання. Дозування препаратів становило $6 \dots 12$ г/дал згідно з рекомендаціями виробника. Сусло сульфітували з розрахунку 80 мг/дм³, зброджували на расі дріжджів *Lalvine Q23*. Під час бродіння температуру сусла підтримували в межах $14 \dots 16^\circ\text{C}$. Для виявлення виноматеріалів до «*pink*ing» використовували методику з перекисом водню. За здатність до порожевіння приймали відсоток відхилення оптичної густини виноматеріалів за довжини хвилі 520 нм після окиснення перекисом водню.

Встановлено, що застосування ПВПП під час виготовлення виноматеріалів не захищає білі виноматеріали від окиснення, на відміну від використання препаратів на основі ПВПП на етапі оклеювання. Виявлено, що препарати Полікейс, Поліпрес AF, до складу яких входить казеїн і бентоніт або желатин, активне вугілля та желатин, сприяють більшому видаленню фенольних сполук і проявляють більшу ефективність для зниження прояву «*pink*ing» у білих виноматеріалах під час оклеювання, ніж Поліклін, Фрешпротект, Колорпротект, що містять целюлозу, гуміарабік і рослинний протеїн.

Ступінь визрівання винограду впливає на здатність виноматеріалів до порожевіння, що збільшується з підвищенням цукристості винограду, з якого вироблені виноматеріали.

Ключові слова: білі вина, колір, порожевіння, полівінілпіралідон, фенольні сполуки.

Постановка проблеми. Виноробна промисловість іноді стикається з дефектами кольору вина, що призводить до втрат прибутку. Так, для споживачів білих вин прозорість і колір вина є важливими показниками, які впливають на його вибір, оскільки це є мірою якості.

Білі вина, виготовлені в умовах захисту від окиснення, які передбачають низькі температури ферментації, використання інертного газу, аскорбінової кислоти, іноді можуть розвивати рожеве забарвлення при раптовому впливі повітря. Це явище з'явилося понад 30 років тому й отримало назву порожевіння, або «*pink*ing».

У науковому світі існує невизначеність щодо причини цього явища. Хімічна речовина, що викликає «pinking», залишається невідомою, дослідження її структури триває, хоча вчені пов'язують з окисненням сполук фенольного комплексу [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Деякі вчені вказують на появу антоціанів у білих винах із проантоціанінів, які в концентрації 0,3 мг/дм³ вже візуалізуються [2; 3]. Порожевіння вина, зазвичай, не впливає на аромат або смак. Протягом продовження окиснення колір вина набуває бурих і коричневих відтінків [4].

Заходи боротьби проти «pinking» передбачають обробку виноматеріалів препаратами, які здатні запобігти окисненню. Дослідження багатьох науковців виявили, що найефективнішим з допоміжних матеріалів проти «pinking» є використання полівінілполіпіралідону (ПВПП) [5; 6].

На сьогодні існує доволі високий асортимент оклеюючих препаратів на основі ПВПП, в склад яких входять й інші сорбенти та флокулянти, що мають комплексну дію. Водночас немає єдиної думки серед фахівців щодо місця внесення цих препаратів у технологічний процес.

Метою статті є дослідження впливу препаратів на основі ПВПП залежно від етапу його внесення на зменшення або запобігання виникненню порожевіння («pinking») у білих виноматеріалах.

Викладення основних результатів дослідження. Матеріалами досліджень були білі столові виноматеріали, виготовлені в умовах виробництва із винограду сорту Шардоне з масовою концентрацією цукрів 200,1...218,1 г/дм³. У технології цих вин застосовували комерційні препарати на основі ПВПП: Полікейс, Поліпрес АФ, Поліклін, Фрешпротект, Колорпротект (Франція), характеристика яких наведена в таблиці.

Таблиця. Характеристика препаратів на основі ПВПП

Назва препарату	Склад
ПВПП	ПВПП
Полікейс	ПВПП, казеїн, бентоніт
Поліпрес АФ	ПВПП, протеїн, бентоніт, желатин, активоване вугілля
Поліклін	ПВПП, бентоніт, целюлоза, рослинний протеїн
Фрешпротект	ПВПП, бентоніт, целюлоза, гуміарабік
Колорпротект	ПВПП, бентоніт, рослинний протеїн

ПВПП був внесений у сусло під час бродіння, решту препаратів використовували під час їх оклеювання. Дозування препаратів 6...12 г/дал. Сусло сульфитували із розрахунку 80 мг/дм³, зброджували на расі дріжджів Lalvine Q23. Під час бродіння температуру сусла підтримували в межах 14...16°C.

У виноматеріалах визначали органолептичні, основні фізико-хімічні показники якості за загальноприйнятими методами у виноробстві [7]. Для виявлення здатності виноматеріалу до «pinking» використовували методику з перекисом водню [5]. За здатність до порожевіння приймали відсоток відхилення оптичної густини виноматеріалів за довжини хвилі 520 нм після окиснення перекисом водню.

Застосування ПВПП під час виготовлення білих столових виноматеріалів у разі додавання його протягом бродіння суслу недостатньо ефективний технологічний прийом для захисту вин від появи «pinking». Причому здатність до порожевіння збільшувалась у тих зразках, які були виготовлені з більш стиглого винограду (рис. 1).

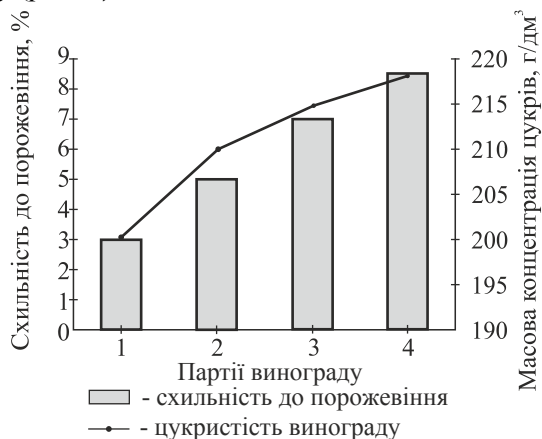


Рис. 1. Вплив цукристості винограду на здатність до порожевіння білих виноматеріалів

Результати органолептичного аналізу кольору виноматеріалів після проведення тестування на «pinking» показали, що в міру збільшення цукристості винограду у виноматеріалах зменшується солом'яно-зеленувата складова кольору та посилюються рожево-жовті відтінки (рис. 2).

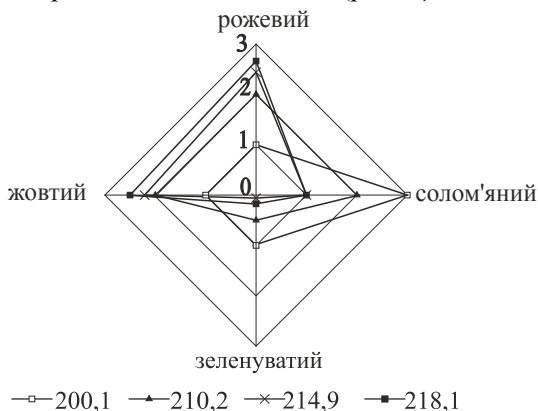


Рис. 2. Результати органолептичної оцінки кольору білих виноматеріалів після тесту на «pinking», вироблених із винограду різної цукристості, г/дм³

Дослідження впливу препаратів на основі ПВПП після оклеювання виноматеріалів на здатність до «pinking» дало змогу виявити різницю між варіантами дослідів (рис. 3).

Так, застосування матеріалів Полікейс і Поліпрес АФ, які у своєму складі разом з ПВПП мають такі сорбенти, як казеїн, бентоніт або протеїн, бентоніт, желатин та активоване вугілля, суттєво знижують здатність виноматеріалів

до порожевіння. Препарати Фрешпротект та Колорпротект, які містили целюлозу, гуміарабік і рослинний протеїн, зменшували здатність до порожевіння білих виноматеріалів на 50%.

Слід відмітити, що всі препарати знижували вміст фенольних сполук у дослідних зразках порівняно з контролем до обробки. Найбільшу ефективність щодо фенольних сполук мали препарати Полікейс та Поліпрес АФ, які сприяли зниженню їх масових концентрацій на 60 та 80 мг/дм³ відповідно.

Візуальне спостереження за характером осаду після оклеювання виноматеріалів показало, що препарати Полікейс та Поліпрес АФ вже після трьох годин відстоювання утворюють щільний осад, який видаляється фільтруванням.

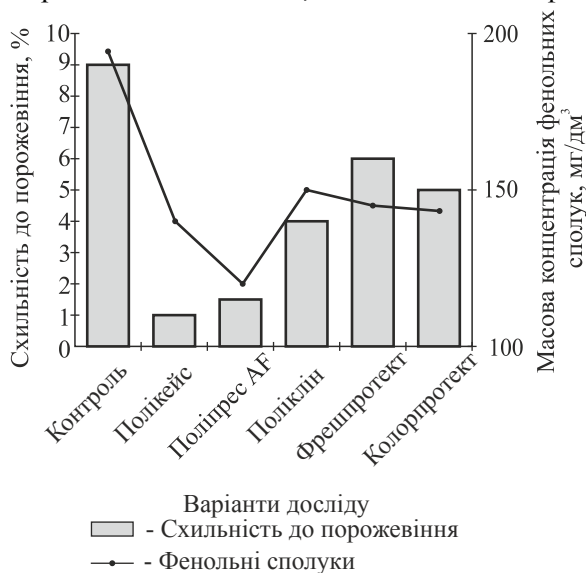


Рис. 3. Вплив препаратів на основі ПВПП на вміст фенольних речовин (мг/дм³) і здатність до порожевіння білих виноматеріалів (%)

Висновки

Встановлено, що застосування ПВПП під час виготовлення виноматеріалів не захищає білі виноматеріали від окиснення на відміну від використання на етапі оклеювання. Виявлено, що препарати, до складу яких входить казеїн і бентоніт або желатин, активне вугілля та желатин сприяють більшому видаленню фенольних сполук і проявляють більшу ефективність для зниження появи «pinkings» у білих виноматеріалах при оклеюванні, ніж ті, що містять целюлозу, гуміарабік та рослинний протеїн.

Ступінь визрівання винограду впливає на здатність виноматеріалів до порожевіння, що буде збільшуватися з підвищенням цукристості винограду, з якого вироблені виноматеріали.

Література

1. Lamuela-Raventós R. M., Huix-Blanchera M., Waterhouse A. L. Исследование обработок белых вин против появления розового оттенка (pinkings). URL: <http://www.biomaster.com.ua/downloads/articles/pinking.pdf>

2. Cosme F., Andrea-Silva J., Filipe L. The origin of pinking phenomena in white wines: An update / et al. *41st World Congress of Vine and Wine*. Vol. 12, 2019.
3. Arapitsas P., Oliveira J., Mattivi F. Do white grapes really exist? *Food Research International*. Vol. 69, 2015. P 21—25.
4. The Australian Wine Research Institute. Pinking. URL: https://www.awri.com.au/industry_support/winemaking_resources/frequently_asked_questions/pinking
5. Мельник И., Кучухидзе А., Митев П., Стоянов Н. Технологические обработки по предотвращению появления pinking в шампанских виноматериалах / *Научни трудове на русенския университет*. Болгария: Ruse. 2016, Vol. 55, book 10.2. 2016. Т. 55, сер. 10.2. С. 41—45.
6. How to reduce the pinking potential of white wines. *Oenology research, Winetech Technical*. Feb, 2017. URL: <https://www.wineland.co.za/reduce-pinking-potential-white-wines/>
7. Методы технохимического контроля в виноделии; под ред. В. Г. Гержиковой. Симферополь. 2009. 302 с.

УДК 641.1:664.68(045)

RESEARCH OF SPICY ROOTS AND RHIZOMES POWDER INFLUENCE ON THE YEAST *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ACTIVITY

N. Ivchuk, A. Bashta, T. Martynenko

National University of Food Technologies

Key words:

Roots
Parsnips
Parsley
Celery
Rhizomes
Ginger
Horseradish
Powders
Yeast

Article history:

Received 08.10.2019
Received in revised form
24.10.2019
Accepted 11.11.2019

Corresponding author:

A. Bashta
E-mail:
alla.sher.b@gmail.com

ABSTRACT

The article is devoted to the investigation of spicy root powders effect on the biotechnological properties of pressed baker's yeast and the possibility of their further use for enrichment of wheat yeast dough products with macro- and micronutrients.

For research, there were used powders of root vegetables such as parsnips, parsley, celery and rhizomes of ginger and horseradish. Powders from spicy roots and rhizomes were carried out by drying of the prepared raw materials in a laboratory dryer brand Eridri Ultra 1000FD at a temperature of 60°C to a humidity of 9...10%.

The article presents the results of spicy roots and rhizomes powders biochemical composition research in order to determine the feasibility of their further use for enrichment of wheat yeast bread. It is shown that all selected aromatic raw material powders are a valuable source of sugars, fiber, vitamins, minerals, and therefore it is expedient to use them as wheat bread enrichers.

The influence of the parsley, celery, parsnip roots and rhizomes of ginger and horseradish powders on the activity of genus *Saccharomyces cerevisiae* yeast was evaluated by the yeast rising power. Additives were used in an amount of 3...13%. The maximum effect of the yeast activation is achieved by dosing of celery, parsley, parsnip and ginger root powders in the range of 3.0...7.0%. The greatest negative impact on the yeast rising power has the powder from the horseradish roots.

It was determined that the use of 3—9% of celery, parsley, parsnip and ginger powders and 5% of horseradish powder in the recipe of wheat bread does not reduce the activity of the genus *Saccharomyces* yeast and allows to enrich the final product with valuable biologically active substances.

Further studies are directed to investigation of spicy root additives effect on the physico-chemical and qualitative indicators of the yeast dough and the final product.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-6-19

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОРОШКІВ ПРЯНИХ КОРЕНЕПЛОДІВ І КОРЕНЕВИЩ НА АКТИВНІСТЬ ДРІЖДЖІВ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Н. П. Івчук, А. О. Башта, Т. А. Мартиненко

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив порошків із пряних коренеплодів на біотехнологічні властивості пресованих хлібопекарських дріжджів і можливості їх подальшого використання для збагачення виробів з пшеничного дріжджового тіста макро- та мікронутрієнтами. Для проведення досліджень використано порошки таких коренеплодів, як пастернак, петрушка, селера та кореневища імбиру й хрону. Порошки із пряних коренеплодів і кореневищ отримано висушуванням підготовленої сировини в лабораторній суширці марки Eridri Ultra 1000FD при температурі 60°C до вологості 9...10%.

Наведено результати досліджень біохімічного складу порошків пряних коренеплодів і кореневищ з метою визначення доцільності подальшого їх використання для збагачення пшеничного дріжджового хліба. Показано, що всі обрані порошки пряно-ароматичної сировини є цінним джерелом цукрів, клітковини, вітамінів, мінеральних речовин, а отже, їх доцільно використовувати як збагачувачі пшеничного хліба.

Вплив порошків із коренеплодів петрушки, селери, пастернаку та кореневищ імбиру і хрону на активність дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* оцінено за показниками підйомної сили дріжджів. Добавки використано в кількості від 3...13%. З'ясовано, що максимальний ефект активації дріжджів досягається при дозуванні порошків із коренеплодів селери, петрушки, пастернаку та імбиру в інтервалі 3,0...7,0%. Найбільший негативний вплив на підйомну силу дріжджів справляє порошок із кореневищ хрону.

Визначено, що використання у рецептурі хліба пшеничного 3—9% порошків із коренеплодів селери, петрушки, пастернаку і кореневищ імбиру та 5% порошку хрону не призводить до зниження активності дріжджів роду *Saccharomyces* та дає змогу збагатити готовий виріб цінними біологічно активними речовинами цієї сировини.

Подальші дослідження спрямовані на дослідження впливу цих добавок на фізико-хімічні та якісні показники дріжджового тіста та готового виробу.

Ключові слова: коренеплоди, пастернак, петрушка, селера, кореневища, імбир, хрін, порошки, дріжджі.

Постановка проблеми. У виробництві харчових продуктів функціональної спрямованості широкі перспективи має використання рослинної сировини з точки зору поєднання біокомпонентів різних джерел. Перевага надається використанню не окремих рослин, а їх композицій — фітодобавок, що містять комплекс БАР. Крім того, включення фітодобавок до складу харчових продуктів, особливо тих, що мають виражений смак, запах і колір, значно поліпшує їх вигляд, смакові властивості й аромат за рахунок природних

барвників та ефірних олій, а наявність антиоксидантів, фітонцидів, ряду органічних кислот у фітокомпозиціях сприяє збільшенню термінів зберігання харчових продуктів.

В останні роки все більше уваги приділяється розробці збагачувачів з різної рослинної сировини. Використання бобових, сушених плодів та овочів у виробництві певної групи продуктів — один із шляхів підвищення їхньої харчової цінності. Крім того, продукти переробки плодів та овочів найчастіше мають натуральні виражені аромат, смак і забарвлення.

Рацион харчування населення України традиційно включає велику кількість виробів з дріжджового тіста, які були і залишаються одними з найважливіших харчових продуктів, забезпечуючи більше 30% енергетичного балансу людини. В той же час їх виробництво досить трудомісткий процес, тривалість якого значною мірою залежить від інтенсивності бродіння тіста [1].

На практиці широке застосування знаходять способи активації хлібопекарських дріжджів, які ґрунтуються на застосуванні поживних середовищ, що містять речовини, необхідні для їх метаболізму. Такими є легкозасвоювані вуглеводи, азотисті речовини, ліпіди, мінеральні речовини, вітаміни. Найбільший ефект активації дає застосування середовищ, що містять речовини різної природи і функціонального призначення в комплексі. З цією метою популярне використання поживних середовищ, що мають у своєму складі хлібопекарське борошно та різні добавки, які є джерелом великої кількості речовин, необхідних для метаболізму дріжджів [1—3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у вирішення питань попередньої активації дріжджів зробили вітчизняні та зарубіжні вчені: В. І. Дробот, Л. Ю. Арсеньєва, І. М. Ройтер, П. Я. Мазур, І. К. Єнецький, І. А. Попадич, Р. Д. Поландова, R. C. Hoseney, C. R. Wang та ін., які запропонували різноманітні способи поліпшення технологічних властивостей хлібопекарських дріжджів. У хлібопекарській промисловості актуальним завданням і досі залишається розробка технологій виробів з дріжджового тіста з використанням добавок природного походження, що додатково збагачують хлібобулочні вироби есенціальними нутрієнтами і позитивно впливають на життєдіяльність людини [1; 2; 4].

Метою статті є вивчення впливу порошоків із коренеплодів петрушки, селери, пастернаку та кореневищ імбиру і хрону як на активність дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, так і на збагачення виробів з пшеничного дріжджового тіста макро- та мікронутрієнтами.

Матеріали і методи. Для проведення досліджень використовували борошно пшеничне (ДСТУ 46.004-99), сіль (ДСТУ 3583:2015), воду питну (ДСТУ 7525:2014), дріжджі та порошки з прямих коренеплодів і кореневищ із вмістом вологи 9...10%.

У процесі досліджень вихідної сировини, напівфабрикатів і готового продукту використовували загальноприйняті методи досліджень, серед яких титрометричні, фотоколориметричні, рефрактометричні та органолептична оцінка.

У дослідженні були використані методики оцінки визначення мікронутрієнтів у порошках прямих коренеплодів і кореневищ у табличному редакторі Excel з використанням методу розрахунку інтегрального СКОРу нутрієнтів [5].

Викладення основних результатів дослідження. За сукупністю характеристик з усього різноманіття овочевих і плодових добавок виділяють порошки. Вони зберігають свої корисні властивості протягом тривалого часу, що дає можливість безперервно забезпечувати виробництво харчових продуктів цінним джерелом біологічно активних речовин.

Критеріями вибору пряних коренеплодів і кореневищ для створення порошкоподібного збагачувача харчових продуктів було визначено такі властивості сировини:

- висока харчова цінність;
- відмінні органолептичні властивості;
- наявність у складі ефірних олій;
- невисока вартість;
- переважно сировина вітчизняного походження.

Під ці критерії підпадають такі пряні культури, як коренеплоди петрушки, пастернаку, селери та кореневища імбиру і хрону.

Характерною особливістю всіх обраних пряно-ароматичних коренеплодів і кореневищ є досить високий вміст цукрів, ароматичних, пектинових і мінеральних речовин. Багато з коренеплодів містять глікозиди і фенольні речовини, що надають їм своєрідний смак, аромат і проявляють антимікробну дію. Порівняльна характеристика хімічного складу пряних коренеплодів і кореневищ наведена в табл. 1.

Таблиця 1. Хімічний склад пряних коренеплодів і кореневищ [6—8]

Вид коренеплоду	Масова частка речовин, %					
	Вода	Білки	Зола	Жири	Клітковина	Цукри
Пастернак	71—80	1,3—3,1	1,2—1,6	0,3—0,5	1,2—3,6	7,4—12,0
Петрушка	69—88	1,5—3,2	1,5—1,8	0,6—0,8	1,4—3,5	2,7—10,1
Селера	80—90	1,2—2,5	0,8—1,2	0,2—0,3	1,6—3,3	1,8—6,5
Імбир	80—89	1,7—2,8	0,8—3,6	2,7—4,9	2,0—3,1	1,7—6,8
Хрін	70—77	2,7—4,5	1,4—1,8	0,3—0,4	2,5—5,6	6,0—13,0

Мінеральний склад пряних коренеплодів і кореневищ характеризується значним вмістом солей магнію, фосфору, кальцію, заліза, натрію, калію і цинку. Вони також є джерелом вітамінів групи В та вітаміну С [6—8].

Для отримання порошку з пряних коренеплодів і кореневищ їх піддавали інспекції, потім мили та подрібнювали на пластинки товщиною 1...3 мм. Підготовлену сировину висушували в лабораторній сушарці марки Eridri Ultra 1000FD при температурі 60°C до вологості 9—10%.

Висушені зразки подрібнювали на лабораторному млині ЛЗМ-1 протягом 7 хв. Помел здійснювали до розмірів часток 0,1...0,5 мм. Порошки із пряних коренеплодів і кореневищ просіювали через сита з діаметрами отворів 0,5 мм та 0,25 мм для отримання частинок бажаних розмірів. Зберігали порошки в сухому, добре провітрюваному приміщенні при температурі 20±2°C.

Оцінка органолептичних показників порошків із пряних коренеплодів петрушки, пастернаку, селери та кореневищ імбиру, хрону наведена у табл. 2.

Таблиця 2. Органолептичні показники порошків пряних коренеплодів і кореневищ

Показник	Характеристика показника
Зовнішній вигляд	Однорідні порошки без сторонніх включень білого або світло-жовтого кольору
Смак	Властивий для порошків із коренеплодів селери, пастернаку, петрушки та кореневищ імбиру і хрону, виражений, без сторонніх присмаків
Запах	Властивий для порошків із коренеплодів селери, пастернаку, петрушки та кореневищ імбиру і хрону, виражений, без сторонніх запахів
Консистенція	Однорідні порошки, без сторонніх включень

Експериментальним шляхом визначено хімічний склад отриманих порошків із пряних коренеплодів і кореневищ, результати наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Хімічний склад порошків із пряних коренеплодів і кореневищ

Вид коренеплоду	Масова частка поживних речовин у порошках із пряних коренеплодів і кореневищ, %				
	Волога	Білки	Жир	Клітковина	Цукри
Пастернак	10,2	8,4	2,6	11,8	57,9
Петрушка	10,3	8,0	3,2	12,6	52,6
Селера	9,6	7,6	2,2	12,0	49,6
Імбир	9,9	8,9	4,3	13,1	47,4
Хрін	10,4	12,5	1,6	23,5	41,0

Аналіз результатів, наведених у табл. 3, показує, що основною складовою сухих речовин порошків пряних коренеплодів і кореневищ є вуглеводи (цукри), їхній вміст коливається в межах 41...58%. Також порошки із пряних коренеплодів і кореневищ містять значну кількість клітковини, її вміст у порошкоподібних продуктах коливається від 11,8% у пастернаку до 23,5% у хрін.

Розрахунковим методом, враховуючи їх вихідний вміст у пряно-ароматичній сировині, інформацію про втрати вітамінів під час термічного оброблення харчової сировини, було визначено вміст вітамінів і мінеральних речовин у порошках із пряних коренеплодів та кореневищ сировини [5—8]. Результати розрахунків наведено в табл. 4, 5.

Таблиця 4. Вміст мінеральних речовин у порошках із пряних коренеплодів і кореневищ

Порошки коренеплодів	Вміст мінеральних речовин у 100 г порошків із пряних коренеплодів і кореневищ, мг					
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe
Пастернак	21,49	2794,36	142,62	116,21	279,96	3,17
Петрушка	82,54	1818,63	303,11	116,99	388,19	3,72
Селера	161,53	2866,02	359,40	240,66	196,90	3,64
Імбир	61,65	1967,97	75,87	203,91	161,23	12,84
Хрін	390,87	2263,13	465,13	140,71	508,13	7,82

Таблиця 5. Вміст вітамінів у порошках із пряних коренеплодів і кореневищ

Назва вітаміну	Вміст вітамінів у 100 г порошків із пряних коренеплодів і кореневищ				
	Пастернак	Петрушка	Селера	Імбир	Хрін
Тіамін (В ₁), мг	0,38	0,38	0,20	0,11	0,28
Рибофлавін (В ₂), мг	0,33	0,28	0,39	0,14	0,35
Ніацин (В ₃), мг	3,23	8,78	2,90	3,20	3,11
Пантотенова кислота (В ₅), мг	2,54	2,00	1,46	0,77	0,12
Піридоксин (В ₆), мг	0,42	2,55	0,44	0,61	0,94
Фолацин (В ₉), мг	0,18	0,06	0,13	29,15	0,09
Аскорбінова кислота (С), мг	54,9	70,06	50,30	19,85	92,93

Як показують результати розрахунків, порошки із пряних коренеплодів і кореневищ є природним джерелом мікронутрієнтів. Отже, використання їх у технологіях пшеничного хліба дасть змогу збагатити готові вироби вітамінами та мінеральними речовинами.

Також проведено аналіз дріжджів різних виробників з метою вибору зразка з найвищою ферментативною активністю. Для досліджень використовували зразки дріжджів: дріжджі пресовані «Львівські», дріжджі пресовані «Криворізькі», дріжджі пресовані «Духмяна хата».

Результати аналізу ферментативної активності хлібопекарських дріжджів різних виробників представлено у табл. 6.

Таблиця 6. Показники якості хлібопекарських дріжджів

Показник	«Львівські»	«Криворізькі»	«Духмяна хата»
Підйомна сила, хв	31,5	44	49,4
Мальтазна активність, хв	43	55	44
Зимазна активність, хв	33	41	38

З табл. 6 випливає, що дріжджі хлібопекарські «Львівські» мають найкращі показники якості за нормами ДСТУ 4812:2007 [9], тому вони і були використані в подальших дослідженнях.

В основу подальших досліджень було покладено вивчення впливу порошків із пряних коренеплодів і кореневищ на активність хлібопекарських дріжджів. Для проведення досліджень частину борошна в рецептурі (3...13%) замінювали на порошки пряних коренеплодів і кореневищ. Саме цей інтервал рекомендують дослідники для використання фітодобавок [1—3].

За еталон порівняння було прийнято величину підйомної сили дріжджів, яку визначали за класичною методикою. Вплив порошків із різних видів пряних коренеплодів і кореневищ на активність дріжджів хлібопекарських визначали методом спливання кульки тіста при температурі 35°C. Результати досліджень наведено в табл. 7.

Як випливає із результатів досліджень, наведених у табл. 7, заміна у рецептурі від 3 до 9% борошна на порошки з коренеплодів селери, петрушки, пастернаку та кореневищ імбиру сприяє зростанню активності дріжджів.

Таблиця 7. Залежність впливу порошків пряних коренеплодів і кореневищ на підйомну силу дріжджів *saccharomyces cerevisiae*

Вміст порошку пряних коренеплодів і кореневищ у складі тістової кульки, %	Залежність підйомної сили хлібопекарських дріжджів у хв від кількості порошку таких пряних коренеплодів і кореневищ:				
	петрушка	пастернак	селера	імбир	хрін
0	38,3	38,3	38,3	38,3	38,3
3	28,17	25,71	29,82	28,82	30,06
5	31,67	27,13	33,00	33,67	35,85
7	32,89	28,45	33,04	34,17	40,07
9	36,2	33,8	35,73	37,07	50,08
13	40,07	38,01	39,22	41,02	53,03

Такий результат можна пояснити значним вмістом простих вуглеводів і невеликою кількістю ефірних олій у порошках із цих коренеплодів та кореневищ. Максимальний ефект активації досягається при дозуванні даних добавок в інтервалі 3,0...7,0%. Підйомна сила дріжджів при цьому поліпшується порівняно з аналогічним показником контрольного зразка в 1,2...1,5 раза. Підвищення вмісту порошків із коренеплодів селери, петрушки, пастернаку та кореневищ імбиру в кількості 13% (від загальної маси борошна), а порошку хрону — 7% призводить до незначного зниження ефекту активації. Найбільший негативний вплив на підйомну силу дріжджів справляє порошок із кореневищ хрону, що пояснюється наявністю у їхньому складі алілової кислоти.

Висновки

Аналіз проведених досліджень показує, що використання у рецептурі хліба пшеничного 3—9% порошків із коренеплодів селери, петрушки, пастернаку і кореневищ імбиру та 5% порошку хрону не призводить до зниження активності дріжджів роду *Saccharomyces* та дає змогу збагатити готовий виріб цінними біологічно активними речовинами цієї сировини.

Подальші дослідження спрямовані на дослідження впливу цих добавок на фізико-хімічні та якісні показники дріжджового тіста та готового виробу.

Література

1. Крамаренко Д. П. Дослідження впливу добавок гідробіонтів на стан дріжджової мікрофлори. *Вісник ХНТУ*. 2016. № 4(59). С. 89—93.
2. Савченко О. та ін. Вплив цикорію, кави, лимонного соку на ферментативну активність дріжджів та якість пшеничного хліба. *Технічні науки та технології*. 2016. № 1. С. 228—233.
3. Лебеденко Т. Є., Кожевникова В. О., Соколова Н. Ю. Удосконалення процесу активації дріжджів шляхом використання фітодобавок. *Харчова наука і технологія*. 2015. № 2. С. 25—34.
4. Ощипок І. М. Використання нових харчових добавок з рослинної сировини у харчовій промисловості. *Вісник Львівської комерційної академії*. 2015. Вип. 15. С. 77—81.
5. Фролова Н. Е. Основи конструювання нових харчових продуктів: курс лекцій. Київ: НУХТ, 2010. 207 с.
6. Болотских А. С. Овощи Украины: справочник. Харьков: Орбита, 2001. 1088 с.
7. Голембовська Н. В., Лебська Т. К. Характеристика пряно-ароматичних коренеплодів. *Наукові праці ОНАХТ*. 2014. Вип. 46(2). С. 59—63.
8. Коршунова Г. Ф. Овочі у харчуванні: навч. посіб. Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. 161 с.
9. ДСТУ 4812:2007 Дріжджі хлібопекарські пресовані. Технічні умови Системи управління якістю. [Чинний від 2007-07-30 № 167]. Київ, 2009. 17 с.

УДК 543.421/.424

THE RATIO OF TOTAL AND IONIC PHOSPHOROUS IN SAMPLES OF WHOLE MILK AND DRINKING MILK

E. Guk, V. Ischenko, O. Kochubei-Lytvynenko

National University of Food Technologies

M. Ischenko

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Key words:

*Milk
Total
Ionic phosphorus
Spectrophotometry*

Article history:

Received 08.10.2019
Received in revised form
23.10.2019
Accepted 12.11.2019

Corresponding author:

V. Ischenko

E-mail:

ischenko_vn@ukr.net

ABSTRACT

In this article, the problems of food quality control, in particular, milk are analyzed. Currently, the main methods used to identify dairy products are chromatographic analysis, spectroscopic methods, differential scanning calorimetry (DSC), biosensor and enzyme immunoassay (ELISA), capillary electrophoresis. Most of these methods involve the use of modern analytical equipment, trained specialists and are quite expensive. Therefore, nowadays the world analytical practice of food products quality assessment is focused on the search for cheaper and rapid methods of screening analysis. One of the most perspective methods to identify dairy products consists of defying a mineral composition of the product, in particular, the content of various forms of macro- and microelements, establishing distribution of their coexisting forms to distinguish samples on this basis.

The contents of total and ionic phosphorus in whole milk and drinking milk samples, differ in pasteurization ways and purpose use, were determined. The total phosphorus content was determined by spectrophotometric method after dry ashing of milk samples. Using the same method, phosphorus was determined in the filtrates obtained after precipitation of casein according to the method developed by the authors. UV / V spectrophotometer Shimadzu UV 2100 PC (Shimadzu, Japan) was used in researches. The concentration of total phosphorus in natural whole milk was found to be more than three times higher than concentration of ionic phosphorus. For samples of pasteurized, ultra-pasteurized milk and milk for baby food, this ratio is less and within the value of 1.64-1.69. For pasteurized organic milk the ratio is in the order of about 2.39. Thus, the method of establishing the distribution of coexisting forms of total and ionic phosphorus in milk can be used as an additional method for the qualitative identification of dairy products' consumption against the background of similar objects of the food industry.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-6-20

СПІВВІДНОШЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ТА ЙОННОГО ФОСФОРУ У РІЗНИХ ВИДАХ НЕЗБИРАНОГО І ПИТНОГО КОРОВ'ЯЧОГО МОЛОКА

Є. І. Гук, В. М. Іщенко, О. В. Кочубей-Литвиненко

Національний університет харчових технологій

М. В. Іщенко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У статті проаналізовано проблему контролю якості харчових продуктів, зокрема молока. Наразі основними методами аналізу молочних продуктів з метою їх ідентифікації є хроматографічний аналіз, спектроскопічні методи, диференціальна скануюча калориметрія (DSC), біосенсорний та імуноферментний (ELISA) аналіз, капілярний електрофорез. Більшість цих методів передбачає використання сучасного аналітичного обладнання, підготовлених спеціалістів і є досить дорогими, тому світова аналітична практика оцінки якості харчової продукції зосереджена на пошуку більш дешевих та експресних методів для скринінгового аналізу. Перспективним методом для ідентифікації молочної продукції є визначення мінерального складу продукту, зокрема вмісту різних форм макро- і мікроелементів, встановлення розподілу їх співіснуючих форм і дискримінація зразків на цій основі.

Визначено вміст загального та йонного Фосфору у зразках весняного незбираного молока та питних видах молока, які відрізнялись способом пастеризації й призначенням. Вміст загального Фосфору визначали після проведення сухого озолення зразків молока спектрофотометричним методом. Цим же методом визначали Фосфор у фільтратах, одержаних після осадження за розробленою методикою казеїну. Використовували УФ/Вид спектрофотометр Shimadzu UV2100 PC (Shimadzu, Японія). Встановлено, що у натуральному незбираному молоці концентрація загального Фосфору втричі перевищує концентрацію йонного Фосфору. У пастеризованому, ультрапастеризованому молоці та молоці для дитячого харчування це відношення менше і знаходиться в межах 1,64—1,69. Для пастеризованого органічного молока відношення становило 2,39. Встановлення розподілу співіснуючих форм загального та йонного Фосфору у молоці може бути використано як доповнення до інших аналітичних методів ідентифікації молочних продуктів.

Ключові слова: молоко, загальний, йонний Фосфор, спектрофотометрія.

Постановка проблеми. Контроль якості харчових продуктів — одна зі складових проблеми здорового харчування, що забезпечує не тільки проживання, але й виживання споживача харчових продуктів. Значне розширення асортименту харчових продуктів на споживчому ринку не обходиться без прагнення випускати під виглядом відомих торговельних марок явні підробки або продукцію свідомо заниженої якості. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває ідентифікація харчових продуктів, яка включає ряд процедур зі встановлення їх відповідності стандартам.

Останнім часом на ринку України наявна значна кількість фальсифікованої продукції, зокрема молочної. 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, додаванням у деякі молочні продукти молочної сироватки тощо [1].

В останні роки основними методами аналізу молочних продуктів стали хроматографічний аналіз, різні спектроскопічні методи, диференціальна скануюча калориметрія (DSC), біосенсорний та імуноферментний (ELISA) аналіз, капілярний електрофорез [2]. Переважна більшість цих методів передбачає використання сучасного аналітичного обладнання, підготовлених спеціалістів і є досить дорогою. Тому наразі світова аналітична практика оцінки якості харчової продукції зосереджена на пошуку більш дешевих та експресних методів для скринінгового аналізу [3]. В цьому сенсі перспективним методом з метою ідентифікації молочної продукції може бути визначення мінерального складу продукту, зокрема вмісту різних форм макро- і мікроелементів, встановлення розподілу їх співіснуючих форм і дискримінація зразків на цій основі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мінеральні речовини складають незначну частину молока (8—9 г/л) і, в основному, представлені такими елементами, як Кальцій, Калій, Магній, Натрій і хлоридом, сульфатом, фосфатом та цитратом. Деякі з цих компонентів, такі як Cl^- , Na^+ , K^+ , існують у йонній формі, а інші — в рівновазі між розчинною та колоїдною формами [4]. Середній вміст (мг/100 г продукту) найбільш важливих макроелементів у натуральному молоці (Ca — 120, P — 95, K — 140, N — 50, Mg — 12, Cl — 100) пов'язаний переважно з такими чинниками, як вплив навколишнього середовища, клімат і пори року; індивідуальні відмінності між тваринами; корми, що використовуються та стадії лактації [5]. Значний вплив на неорганічну складову молока має його термічна обробка: ці питання детально розглянуто в монографії [6], зокрема вплив рН, йонної сили на зміну концентрації Ca^{2+} під час термічного оброблення молока. Відмічається, що в процесі нагрівання кальцій гідрогенфосфат, який знаходиться у вигляді істинного розчину, переходить у нерозчинний фосфат кальцію, який у вигляді колоїду осідає на казеїнових міцелах. Частина його випадає на поверхні нагрівальних приладів, утворюючи разом із денатурованими білками сироватки, так званий «молочний камінь». Показник рН теж зменшується при термічній обробці молока і це могло б призвести до часткового розчинення кальцій фосфату, але, як показують дослідження [7], утворення нерозчинного $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ за підвищення температури є домінуючим фактором. Тож кількість розчинного (йонного) Кальцію у молоці, яке зазнало термічного оброблення, зменшується в середньому від 11 до 50% [8, с. 127]. Відповідно, у пастеризованому чи ультрапастеризованому молоці повинно відбуватись і зменшення йонного Фосфору, який знаходиться у вигляді йонів HPO_4^{2-} (їх вміст переважає) та йонів H_2PO_4^- . Проте Фосфор у молоці (його називають органічним) входить також до складу казеїнових міцел і за термічного оброблення, як відмічають

у [8], може відщеплюватись, переходячи в йонний стан. Тобто істотного зменшення йонного Фосфору у молоці за термічного оброблення може і не відбуватись. На жаль, дослідження, присвячені використанню балансу йонного та загального Фосфору як маркерів на детектування різних сортів молока, не проводились.

Мета дослідження: оцінка можливості використання балансу йонного та загального Фосфору у молоці для характеристики продукту.

Викладення основних результатів дослідження. В дослідженнях були проаналізовані зразки весняного незбираного молока та питні види молока. Незбиране молоко було придбано в індивідуальних фермерів Київщини. Питні види молока вітчизняного виробництва придбані в супермаркетах м. Києва у березні 2019 року. Між собою вони відрізнялись за такими показниками: спосіб пастеризації (пастеризоване, ультрапастеризоване); призначення — загального живання, рекомендоване для дитячого харчування та молоко, заявлене як органічне. Визначення фосфору проводили спектрофотометричним методом за стандартною методикою [9]. Спектрофотометричне визначення Фосфору ґрунтується на вимірюванні оптичної густини розчину фосфомолібденової гетерополікислоти при довжині хвилі 820—830 нм після додавання такого відновника, як аскорбінова кислота. Загальний вміст Фосфору визначали після проведення сухого озолення молока за методикою, описаною у [9]. Визначення йонного Фосфору проводили після осадження казеїну за такою схемою: до 5 см³ проби молока додавали 10 см³ ацетатного буферного розчину з концентрацією 0,10 моль/л (рН = 4,60±0,05). Одержаний зразок витримували 30 хв і фільтрували крізь беззольний фільтр «синя стрічка» у мірну колбу на 50 см³ та доводили дистильованою водою до мітки. Кількісне визначення йонного Фосфору в одержаному фільтраті проводилось за вищевказаною методикою без проведення озолення.

У процесі дослідження використовували УФ/Вид спектрофотометр Shimadzu UV2100 PC (Shimadzu, Японія). Спектри поглинання відновленої фосфомолібденової гетерополікислоти залежно від концентрації фосфат-іонів представлені на рисунку. Параметри калібрувального графіка та характеристики визначення наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Параметри калібрування

Математична модель	$A^{828} = a + b \cdot C(\text{мкг/мл})$
$a \pm \Delta a$	0,0017±0,0044
$b \pm \Delta b$	0,0170±0,0002
R	0,9999
Межа виявлення, мкг/мл (3s)	0,8
Межа кількісного визначення, мкг/мл (10s)	2,6

За виміряним значенням оптичної густини досліджуваних розчинів за калібрувальним графіком знаходили вміст Фосфору. Одержані дані та розраховані відношення концентрацій загального вмісту Фосфору до його йонного вмісту у різних зразках молока наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Результати визначення загального, йонного Фосфору та їх відношення в різних зразках молока

Тип молока	Фосфор загальний (мг/100 мл)	Фосфор йонний (мг/100 мл)	[P] _{заг.} / [P] _{йон.}
Натуральне незбиране	76,9	24,1	3,19
Органічне пастеризоване	93,4	39,1	2,39
Ультрапастеризоване для дитячого харчування	79,9	48,8	1,64
Пастеризоване для загального вживання	75,5	46,1	1,64
Ультрапастеризоване для загального вживання	86,0	51,1	1,69

Як видно з наведених даних, найбільшим значенням відношення концентрацій характеризується натуральне незбиране молоко, менші значення відношення у молоці, яке пройшло термічне оброблення. Цікавим результатом є те, що, незважаючи на спосіб пастеризації (пастеризоване та ультрапастеризоване), у молоці для дитячого харчування це відношення є майже однаковим — в межах 1,64—1,69. Майже посередині між вищезазначеними відношеннями лежить значення для пастеризованого органічного молока (2,39).

Висновки

Як показали дослідження, використана спектрофотометрична методика визначення загального та йонного Фосфору у молоці придатна для поставлених цілей. Виміряні значення відношення концентрацій загального та йонного Фосфору в різних типах молока відрізняються між собою, що може бути використано як доповнення до інших аналітичних методів ідентифікації молочних продуктів. Проте для проведення надійної дискримінації зразків молока необхідно набрати значну базу даних за різними порами року та походженням продукту.

Література

1. Коваленко Д. Н. Фальсификация молока и молочных продуктов. *Переработка молока*. 2011. № 3. С. 8—11.
2. Amrita Poonia, Alok Jha, Rjan Sharma, Harikesh Bahadur Singh, Ashwini Kumar Ra, Nitya Sharma. Detection of adulteration in milk: A review. *International Journal of Dairy Technology*. 2016. V. 69. P. 1—20.
3. Stadler R., Tran L.-A., Cavin C., Zbinden P., Konings E.J.M. Analytical Approaches to Verify Food Integrity: Needs and Challenges. *Journal of AOAC International*. 2016. Vol. 99. № 5. P. 1135—1144.
4. Gancheron F. The mineral of milk. *Reproduction Nutrition Development*. 2005. Vol. 45. № 4. P. 473—483.
5. Кочубей-Литвиненко О. В., Ющенко Н. М. Технологія отримання та первинного оброблення молока: підручник. Київ: НУХТ, 2013. 211 с.
6. Deeth Hilton C., Lewis Michae J. High temperature processing of milk and milk products. UK, Chichester: John Wiley & Sons. 2017. 574 p.
7. Pouliot Y., Boulet M., Paquin P. Observation on the heat induced salt balance changes in milk. 1. Effect of heating time between 4 and 90 °C. *Journal of Dairy Research*. 1989. Vol. 56. P. 185—192.
8. Горбатова К. К., Гвнькова П. И. Химия и физика молока и молочных продуктов: учебник / за ред. К. К. Горбатовой. СПб.: ГИОРД. 2012. 336 с.
9. ДСТУ ISO 9874:2005 Молоко. Визначення вмісту загального фосфору методом спектрометричної молекулярної абсорбції (ISO 9874:1992, IDT).

DEVELOPMENT OF THE DETERMINATION METHOD OF THE MUROPEPTIDE ORIGINING FUNCTIONAL FOOD INGREDIENTS IN THE BACTERIAL DISINTEGRATES

A. Kapustian, N. Cherny, A. Pucas

Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

Bacterial disintegrates
Muropeptides
Immunotropic food
ingredients
Methods of determination

Article history:

Received 04.10.2019
Received in revised form
15.10.2019
Accepted 01.11.2019

Corresponding author:

A. Kapustian
E-mail:
fst.journal@ukr.net

ABSTRACT

The expediency of developing a reliable and easy-to-implement method for determining muropeptides in bacterial disintegrates in obtaining immunotropic functional food ingredients have been substantiated. It has been noted that the existing methods of muropeptides identification, namely, the determination of muramic acid residues, peptide bonds in their composition, the use of chromatographic methods, have certain disadvantages. A method according to which the qualitative and quantitative content of muropeptides can be determined by the reaction of their carbohydrate component (glucose residues in the form of muramic acid and N-acetylglucosamine) with an Anthrone reagent has been proposed. In this case, a prerequisite is the removal of bacterial disintegrate from carbohydrates, acids, salts, etc. using ion exchange chromatography with KU-2 cation exchanger.

It has been stated that the quantitative content of muropeptides should be determined according to a calibration graph built on the standard solution of muropeptides. It was found that, as a result of the interaction of muropeptides standard solutions with the Anthrone reagent, the reaction medium acquired characteristic blue-green color. A calibration graph to determine the concentration of muropeptides in bacterial disintegrates is constructed, where the coefficient of approximation reliability is $R^2 \approx 1$, which corresponds to the high degree of compliance of the trend model to the original data.

The proposed method was tested in determining the concentration of muropeptides in *Lactobacillus acidophilus* K 3111 disintegrates. Disintegration was performed by combining ultrasonic and enzymatic treatment. Proteases (pancreatin, papain, protosubtilin) and muramidase (lysozyme) were used as enzymes. It was found that the highest amount of target immunotropic muropeptides accumulates during biomass treatment with lysozyme: papain composition at 1:2 enzyme ratio, enzyme substrate ratio 1:100, and process duration over 180 min.

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРЧОВИХ ІНГРЕДІЄНТІВ МУРОПЕПТИДНОГО ПОХОДЖЕННЯ У БАКТЕРІАЛЬНИХ ДЕЗІНТЕГРАТАХ

А. І. Капустян, Н. К. Черно, А. С. Пукас

Одеська національна академія харчових технологій

У статті обґрунтовано доцільність розроблення достовірного та простого в реалізації методу визначення мурапептидів у складі бактеріальних дезінтегратів при отриманні імунотропних функціональних харчових інгредієнтів. Зазначено, що існуючі методи ідентифікації мурапептидів, зокрема визначення залишків мурамової кислоти, пептидних зв'язків у їхньому складі, використання хроматографічних методів, мають певні недоліки. Запропоновано метод, згідно з яким якісний і кількісний вміст мурапептидів можна визначити за допомогою реакції їхньої вуглеводної складової (залишки глюкози у складі мурамової кислоти та N-ацетилглюкозаміну) з реактивом Антрона. При цьому необхідною умовою є позбавлення бактеріального дезінтеграту від вуглеводів, кислот, солей тощо за допомогою іонообмінної хроматографії з катіонітом КУ-2.

З'ясовано, що кількісний вміст мурапептидів слід визначати за калібрувальним графіком, побудованим за стандартним розчином мурапептидів. Встановлено, що у результаті взаємодії стандартних розчинів мурапептидів з реактивом Антрона, реакційне середовище набувало характерного синьо-зеленого забарвлення.

Побудовано калібрувальний графік для визначення концентрації мурапептидів у бактеріальних дезінтегратах, де коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2 \approx 1$, що відповідає високому ступеню відповідності трендової моделі до вихідних даних. Запропонований метод апробовано при визначенні концентрації мурапептидів у дезінтегратах *Lactobacillus acidophilus* K 3111. Дезінтеграцію проводили при комбінуванні ультразвукової та ферментативної обробки. Як ферменти використовували протеази (панкреатин, папаїн, протосубтилін) і мурамідазу (лізоцим). Встановлено, що найбільша кількість цільових імунотропних мурапептидів накопичується при обробці біомаси комбінованою лізоцимом: папаїн при співвідношенні ферментів, відповідно, 1:2, при співвідношенні фермент:субстрат 1:100 і тривалості процесу протягом 180 хв.

Ключові слова: бактеріальні дезінтеграсти, мурапептиди, імунотропні харчові інгредієнти, методи визначення.

Постановка проблеми. Загальновизнаною проблемою сучасного суспільства є зниження його імунного статусу. Людина зі зниженим імунітетом найбільш вразлива до застудних, інфекційних та інших супутніх хвороб. Доцільною є нутритивна підтримка цієї категорії населення шляхом введення в раціон імунотропних функціональних харчових інгредієнтів. Вельми перспек-

тивним є використання як таких інгредієнтів певних структур мікроорганізмів — муропептидів [1], які володіють усіма необхідними для патоген-асоційованих молекулярних структур властивостями, що виражаються в стимуляції імунітету і здатності формувати захист від мікробних інфекційних агентів [2; 3]. Муропептиди — низькомолекулярні продукти деструкції пептидогліканів бактеріальних клітинних стінок, при отриманні яких виникає проблема їхньої ідентифікації та кількісного визначення, оскільки супутні речовини, що утворюються в результаті дезінтеграції бактеріальних клітин, є суттєвою перешкодою для коректного аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Муропептиди — компоненти пептидогліканів клітинних стінок бактерій (рис. 1), до складу яких входять залишки мурамової кислоти самостійно або поєднаних β 1→4 глікозидними зв'язками з N-ацетилглюкозаміном, залишки пептидів, задіяних у ковалентних зв'язках з мурамовою кислотою [3]. Мінімальний представник сполук муропептидного ряду — мураміддипептид (МДП) (рис. 1).

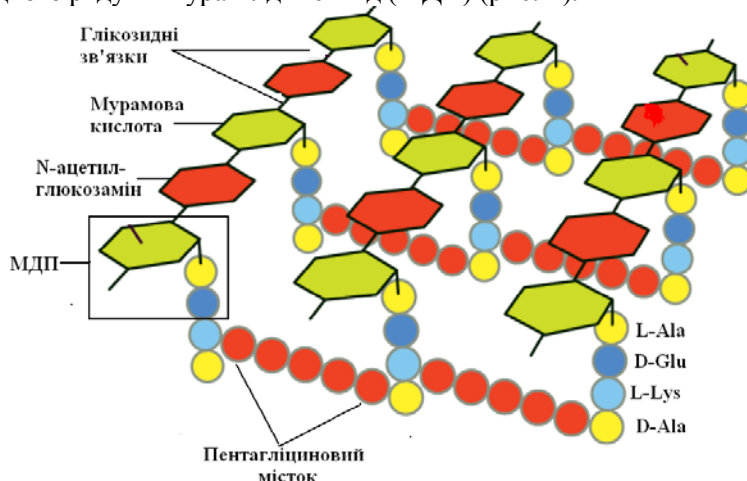


Рис. 1. Фрагмент пептидоглікану клітинної стінки пробіотичних бактерій і МДП у його складі

У літературі найбільш часто зустрічаються такі методи визначення муропептидів у складі бактеріальних дезінтегратів: визначення залишків мурамової кислоти у їхньому складі, визначення пептидних зв'язків, використання хроматографічних методів із застосуванням модельних зразків муропептидів [4—6].

Принцип визначення мурамової кислоти у складі бактеріальних гідролізатів засновано на виділенні D-лактата з 3-го положення шляхом лужної обробки з подальшим його кількісним визначенням за участі міді сульфату та п-гідроксифенільного реактиву [4]. Але використання цього методу не передбачено для визначення мурамової кислоти у складі муропептидів, які отримують у результаті дезінтеграції пробіотичних бактеріальних клітин. Такі гідролізати можуть містити вільний продукт метаболізму — D-лактат (молочну кислоту), а його наявність у вільному стані унеможливорює використання

цього методу, оскільки він передбачає фотоколориметричне визначення забарвлених сполук, утворених при взаємодії лактату, вивільненого зі складу мурамової кислоти, із міддю сульфатом і п-гідроксифенільним реактивом.

Визначення муропептидів у бактеріальних гідролізатах проводять також за допомогою якісних реакцій на пептидний зв'язок (з Біуретовим, або реактивом Бенедикта) після осадження високомолекулярних білків 20-відсотковим розчином трихлороцтової кислоти [5]. Але цей метод забезпечує визначення лише пептидних зв'язків білкових сполук у складі бактеріальних гідролізатів, проте до складу молекулярної фракції пептидів до 1500 Да можуть входити не лише муропептиди, а й інші пептиди, які утворюються в ході дезінтеграції бактеріальних культур. Отже, використання цього методу для визначення муропептидів не є виправданим.

Для визначення муропептидів часто використовують методи високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) та електрофоретичні методи. Так, у [6] зазначено, що для аналізу муропептидів у таблетках «Лікопід» використовується ВЕРХ, але для їхнього кількісного визначення в гідролізатах використовували міцелярний варіант електрофорезу, коли до складу провідного електроліту вводиться натрію додецилсульфат в концентрації, що перевищує критичну концентрацію міцелоутворення. Використання ВЕРХ у першому випадку не надає можливості кількісно визначити муропептиди у гідролізатах. Це пов'язано з тим, що ВЕРХ в обернено-фазовому варіанті має відносно низьку ефективність при аналізі сорбатів з високою полярністю, яка не дає змоги розділити муропептиди з іншими пептидами й амінокислотами, що утворюються в ході гідролізу. В обох способах необхідним є залучення високовартісного обладнання, яке може бути недоступним для випробувальних лабораторій харчових підприємств.

Мета дослідження: розроблення достовірного, простого у реалізації методу, який забезпечуватиме точне визначення вмісту муропептидів у складі бактеріальних дезінтегратів при отриманні імунотропних функціональних харчових інгредієнтів.

Матеріали і методи. З метою отримання муропептидів як імунотропних функціональних харчових інгредієнтів проводили дезінтеграцію біомаси *Lactobacillus acidophilus* K 3111 (з колекції НВП «Аріадна», м. Одеса) концентрацією $7 \cdot 10^9$ КУО/см³ із залученням фізичних та ензиматичних факторів впливу.

Виділення клітин з культуральної рідини здійснювали шляхом центрифугування протягом 15 хв при 8000 хв^{-1} . Осад клітин відмивали дистильованою водою та ресуспендували. Як фізичну дезінтеграцію використовували ультразвукову обробку суспензії клітин *Lactobacillus acidophilus* K 3111 у дистильованій воді з вмістом сухих речовин $4,78 \pm 0,02\%$. Джерело ультразвуку — ультразвукові ванни ПСБ-1335-05 із робочою частотою 35 кГц, тривалість обробки 600 с [7].

Ензиматичну деструкцію ультразвукового дезінтеграту біомаси здійснювали за допомогою ферментів, характеристику яких наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристика ферментів

Назва ферменту	Походження	pH оптимум	Температурний оптимум, °C	Переважаюча специфічність
Панкреатин, ПА* 370 Од/г	Підшлункова залоза свиней	7—9	35—39	Lys, Arg, Tyr, Phe, Leu, Val, Asp, Met
Протосубтилін, ПА 70 Од/г	<i>Bacillus Subtilis</i>	6—9	35—45	Ser, Gli, Tyr, Phe
Папаїн, ПА 10 Од/мг	<i>Papaya latex</i>	5—8	35—50	Lys, Arg, Gli
Лізозим, МА** 12 Од/г	Білок курячого яйця	5—8	35—50	β -1→4

Примітка: *ПА — протеолітична активність; **МА — мурамідазна активність.

Варіювали співвідношення фермент: субстрат (вміст сухих речовин БМ) у діапазоні від 1:50 до 1:300 та тривалість інкубації реакційної суміші — 10—300 хв. Ферментоліз зупиняли екстремним нагріванням до температури 100°C, суміш охолоджували, відокремлювали рідку фазу від твердої шляхом центрифугування протягом 10 хв при 8000 хв⁻¹.

Ефективність деградації пептидогліканів *Lactobacillus acidophilus* К 3111 оцінювали за накопиченням у реакційному середовищі амінокислот і низькомолекулярних пептидів (НМП) [8].

У рідкій фазі контролювали також вміст муропептидів за розробленим методом. До гідролізату бактеріальних клітин, об'ємом 50 см³ з вмістом сухих речовин додавали 20 см³ розчину трихлороцтової кислоти концентрацією 20% для осадження високомолекулярних білків, залишали на 30 хв, центрифугували протягом 10 хв при 5 хв⁻¹. Проводили декантацію, до надосадової рідини додавали натрій гідроксид 1н до нейтральної реакції. Далі розчинну фракцію гідролізату піддавали іонообмінній хроматографії з використанням катіоніту КУ-2. Підготування колонки проводили за методикою [8]. 50 см³ нейтралізованої надосадової рідини автолізата пропускали через колонку зі швидкістю 1 см³/хв. Далі колонку промивали 100 см³ дистильованої води та проводили елювання адсорбованих катіонів (амінокислот, пептидів та муропептидів), пропускаючи через колонку 50 см³ 6н NH₄OH зі швидкістю близько 1 см³/хв. Потім колонку промивали 200 см³ води. Елюент відбирали об'ємом 50 см³, наявність білкових сполук у фракціях визначали додаванням 1 см³ одновідсоткового розчину нінгідрину, суміш витримували на киплячій водяній бані протягом 15 хв. Поява синьо-фіолетового забарвлення свідчила про наявність білкових речовин. Фракції елюенту з вмістом білкових речовин об'єднували та концентрували на водяній бані до вмісту сухих речовин 6%, потім додавали 50 см³ води і знову випарювали для видалення слідів аміаку. Отриманий елюент являв собою суміш амінокислот, низькомолекулярних пептидів і муропептидів з молекулярною масою до 1500 Да. Далі відбирали 0,5 см³ препарату та додавали реактив Антрона, який готували за відомою методикою [9]. Суміш витримували на киплячій водяній бані протягом 10—30 хв та вимірювали оптичну густину на фотоколориметрі при 670 нм у кюветі 3 мм відносно розчину порівняння. Розчин для порівняння готували, як описано вище, але замість розчину досліджуваного препарату додавали

воду дистильовану. Вміст муропептидів знаходили за калібрувальним графіком. Калібрувальний графік будували, використовуючи стандартний розчин муропептидів — МДП (Sigma, Німеччина).

Результати і обговорення. В основу дослідження покладено гіпотезу, за якою якісний і кількісний вміст муропептидів можна визначити за допомогою реакції їхньої вуглеводної складової (залишки глюкози у складі мурамової кислоти та N-ацетилглюкозаміну) з реактивом Антрона. Метод засновано на розщепленні вуглеводів до моносахаридів у сильноокислому середовищі з подальшою їхньою дегідратацією й утворенням гідроксиметилфурфурола, при взаємодії якого з реактивом Антрона виникають комплексні сполуки синьо-зеленого кольору.

Для підтвердження цієї гіпотези визначено залежність інтенсивності забарвлення продуктів взаємодії реактиву Антрона з муропептидами відомої концентрації (МДП, Sigma, Німеччина) (рис. 2) та побудовано калібрувальний графік на основі даних досліджень (рис. 3).

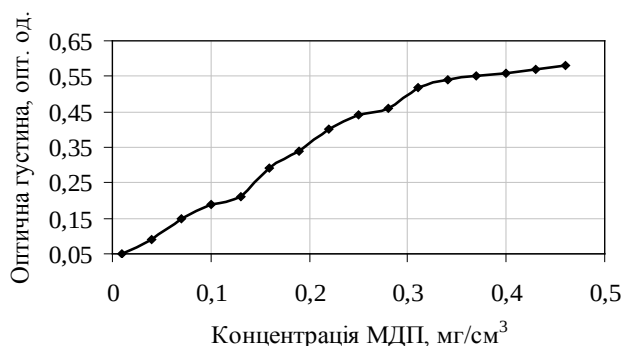


Рис. 2. Залежність інтенсивності забарвлення продуктів взаємодії реактиву Антрона з МДП

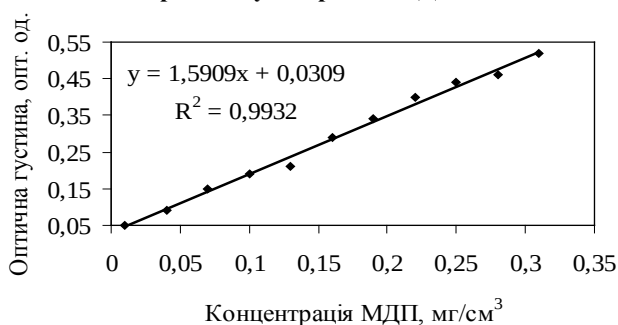


Рис. 3. Калібрувальний графік для визначення муропептидів

У результаті взаємодії складових МДП з реактивом Антрона, реакційне середовище набувало характерного синьо-зеленого забарвлення. Встановлено, що в межах концентрацій МДП 0,01—0,3 мг/см³, залежність інтенсивності забарвлення реакційного середовища від концентрації МДП має лінійний характер,

що дало змогу побудувати калібрувальний графік для визначення мурупептидів. Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2 \approx 1$, що відповідає високому ступеню відповідності трендової моделі до вихідних даних.

Для проведення реакції з мурупептидами у складі бактеріального дезінтеграту необхідною умовою є позбавлення від сполук, що можуть впливати на чистоту експерименту, зокрема вуглеводів, кислот, солей тощо, тому його очищення доцільно проводити за допомогою іонообмінної хроматографії з катіоном КУ-2, а визначення вмісту мурупептидів — за калібрувальним графіком після реакції з реактивом Антрона.

У табл. 2 наведено дані стосовно визначення вмісту мурупептидів у бактеріальних ферментолізатах залежно від природи ферменту, за режимів, які обумовлюють максимальне накопичення продуктів деградації пептидогліканів у реакційних середовищах.

Таблиця 2. Вміст мурупептидів у дезінтегратах *Lactobacillus acidophilus* K 3111, отриманих шляхом послідовної обробки ультразвуком та ферментами, мг/см³, ($n=3$, $p \geq 0,95$)

Умови ферментативного гідролізу	Амінокислоти, мг/см ³	НМП, мг/см ³	Мурупептиди, мг/см ³
Панкреатин Е:С* 1:100 $\tau = 240$ хв	11,23	4,11	0,36
Папаїн Е:С 1:100 $\tau = 180$ хв	13,15	4,86	1,42
Протосубтилін Е:С 1:200 $\tau = 300$ хв	9,36	2,18	0,28
Лізоцим:Папаїн 1:2 Е:С 1:100 $\tau = 180$ хв	15,15	7,44	2,35

Примітка: *Е:С — співвідношення фермент:субстрат.

Усі зразки перед ферментолізом піддавали ультразвуковій дезінтеграції з метою порушення цілісності бактеріальних клітин, що дає змогу підвищити ефективність роботи ферментів. Як видно з табл. 2, найбільш ефективною є деградація пептидоглікану *Lactobacillus acidophilus* K 3111 за обробки папаїном та композицією ферментів лізоцим:папаїн, при цьому накопичується максимальна кількість продуктів деградації: амінокислот, НМП, мурупептидів. Суттєву різницю ефективності гідролізу протеазами різного походження можна пояснити їхньою субстратною специфічністю. Ареал субстратної специфічності папаїну є найбільш прийнятним стосовно деградуючої дії до пептидних зв'язків пептидоглікану. Поєднання папаїну з лізоцимом значно підвищує ефективність ферментолізу, адже наявність мурамідазної активності композиції ферментів, яка належить лізоциму, обумовлює гідроліз β 1→4 глікозидних зв'язків між мурамовою кислотою та N-ацетилглюкозаміном та сприяє таким

чином збільшенню ймовірності контакту протеази з пептидними містками в паралельних ланцюгах пептидоглікану (рис. 1).

Висновки

Розроблений метод забезпечує можливість кількісного визначення цільового продукту у складі бактеріальних гідролізатів — муропептидів. Використання МДП як модельного зразка муропептидів для побудування калібрувального графіка за участю реактива Антрона забезпечує високу точність аналізу. Наявність біологічно активних муропептидів у бактеріальних дезінтегратах свідчить про те, що отримані субстанції є перспективними компонентами імунотропних функціональних харчових інгредієнтів. Пропонований метод не передбачає використання високовартісних реактивів та обладнання, що обумовлює можливість його реалізації у випробувальних лабораторіях харчових підприємств, які орієнтуються на виробництво функціональної їжі.

Література

1. Капустян А. И., Черно Н. К. Перспективы использования биологически активных бактериальных гидролизатов для нутритивной поддержки населения с расстройствами иммунной системы. *Пищевая наука и технология*. 2015. № 2(31). С. 18—25. DOI: 10.15673/2073-8684.31/2015.44263
2. Irazoki O., Hernandez S. B., Cava F. Peptidoglycan Muropeptides: Release, Perception, and Functions as Signaling Molecules. *Front. Microbiol.* 2019. Vol. 10. Article 500. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00500.
3. Traub S., Aulock V. S., Hartung T., Hermann C. MDP and other muropeptides — direct and synergistic effects on the immune system. *J Endotoxin Res.* 2006. № 12. P. 69—85. DOI: 10.1179/096805106X89044.
4. Методы общей бактериологии: Том 2. Пер. с англ. / Под ред. Ф. Герхардта и др. М.: Мир, 1984. 472 с.
5. Гаврилин М. В., Сеньчукова Г. В., Сенченко С. П. Выбор оптимальных условий получения гидролизатов молочнокислых бактерий термокислотным способом. *Хим.-фарм. журн.* 2007. Т. 41, № 2. С. 54—56.
6. Сенченко С. П., Самойлов В. А., Гостищева Н. М., Сеньчукова Г. В., Гаврилин М. В. Изучение состава препарата, полученного на основе гидролизата молочнокислых бактерий. *Хим.-фармац. журн.* 2005. Т. 39, № 3. С. 51—53.
7. Капустян А. І. Характеристика імунотропних функціональних інгредієнтів, отриманих шляхом фізичного впливу. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С. З. Гжицького*. 2017. Т. 19, № 75. С. 13—18. DOI: 10.15421/nvlvet7503.
8. Kapustian A., Chernov N. Obtaining and characteristic of the autolysate of lactic acid bacteria. *EUREKA: Life Sciences*. 2018. #1, 24—31 DOI: 10.21303/2504-5695.2018.005583.
9. Morris D. L. Quantitative Determination of Carbohydrates With Dreywood's Anthrone Reagent. *Science*. 1948. 107 (2775). P. 254—255. DOI: 10.1126/science.107.2775.254.

USE OF OIL OF BLACK CUMIN IN THE COMPOSITION OF THE PRODUCT FOR HAIR

I. Radziewska, O. Melnyk, A. Pushnova

National University of Food Technologies

A. Geredchuk

Poltava University of Economics and Trade

Key words:

Maceration

Black cumin oil extracts

Auto-oxidation

Cosmetic hair oil

Article history:

Received 08.10.2019

Received in revised form
22.10.2019

Accepted 12.1.2019

Corresponding author:

I. Radziewska

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The oil extract from *Nigella sativa* seeds was obtained by maceration with rapeseed refined deodorized oil with a hydro-module of 1:5 and a process duration of 10 days. The essence of the method is to grind the seeds, followed by infusing it in another oil, which as a result is enriched with nutrients. The ultraviolet (200—400 nm) and visible (400—700 nm) spectra show an increase in the content of pigments in the macerate, which indicates the efficiency of the extraction process. The content of extractives, the degree of hydrolytic deterioration and the oxidation level of the extract were checked. The limit value for benign oils for MS is a value of 4.0 mg KOH/g and IF is 10 mmol ($^{1/2}$ O)/kg.

The ingredient composition of cosmetic hair oil for different hair types was selected, including oil extract from black cumin seeds — 76.0—78.8; a mixture of triglycerides of capron and caprylic acids — 9.0—10.0; dimethicone — 9.0—10.0; phenoxyethanol — 0.8—1.0; tocopherol acetate — 0.8—1.0; retinol — 0.8—1.0; clove essential oil — 0.8—1.0. Organoleptic analysis of the obtained extract showed the possibility of its use as a prescription ingredient of cosmetic oil intended for hair care. Ingredient composition of cosmetic oil for hair of different hair types, including oil extract from black cumin seeds was selected. Developed cosmetic hair oil is a mixture of fatty components and contains extract of black cumin seeds, a mixture of triglycerides of kapron and caprylic acids, silicone, preservative, fat-soluble vitamins and essential oil of carnation as a fragrance. Usage of the profile method of sensory analysis in a group of 16 volunteers investigated the effectiveness of the developed ingredient composition. The sensory and physico-chemical indicators of the finished cosmetic agent, their conformity to DSTU 4767:2007 «Oils cosmetic. General Specifications» have been determined.

ВИКОРИСТАННЯ ОЛІЇ ЧОРНОГО КМИНУ У СКЛАДІ ЗАСОБУ ДЛЯ ВОЛОССЯ

І. Г. Радзівєвська, О. П. Мельник, А. О. Пушнова

Національний університет харчових технологій

А. М. Гереччук

Полтавський університет економіки і торгівлі

Здоровий спосіб життя сучасної людини передбачає не лише вживання збалансованих продуктів харчування, а також і застосування засобів догляду й особистої гігієни на натуральних інгредієнтах. Так звана зелена, або органічна косметика є одним із найбільш швидкозростаючих сегментів ринку парфумерно-косметичних засобів. Сучасним косметичним інгредієнтом є олія з насіння чорного кмину (чорнушка посівна, *Nigella sativa*), що застосовується для догляду за сухим типом шкіри та волоссям.

У результаті проведених досліджень одержано олійний екстракт насіння *N. sativa* методом мацерації ріпаковою рафінованою дезодорованою олією за гідромодуля 1:5 і тривалості процесу 10 діб. За ультрафіолетовим (200—400 нм) та видимим (400—700 нм) спектрами показано зростання вмісту пігментів у мацераті, що свідчить про ефективність процесу екстрагування. Перевірено вміст екстрактивних речовин, ступінь гідролітичного псування та рівень окисненості екстракту. При оцінюванні показників окисненості керувались нормами для харчових олій, оскільки значення кислотного (КЧ) і пероксидного (ПЧ) чисел косметичних олій і жировмістивних засобів остаточно неузгоджені. Встановлено граничну величину доброякісних олій за КЧ не вище 4,0 мг КОН/г, а ПЧ — не вище 10 ммоль($^1/2$ O)/кг.

Підібрано інгредієнтний склад косметичної олії для різних типів волосся, що включає олійний екстракт з насіння чорного кмину — 76,0—78,8; суміш тригліцеридів капронових і каприлових кислот — 9,0—10,0; диметикон — 9,0—10,0; феноксietанол — 0,8—1,0; токоферолу ацетат — 0,8—1,0; ретинол — 0,8—1,0; ефірну олія гвоздики — 0,8—1,0. Із застосуванням профільного методу сенсорного аналізу на групі з 16 добровольців досліджено ефективність розробленого інгредієнтного складу. Визначено сенсорні та фізико-хімічні показники готового косметичного засобу, встановлено їх відповідність ДСТУ 4767:2007 «Олії косметичні. Загальні технічні умови».

Ключові слова: мацерація, олійні екстракти чорного кмину, автоокиснення, косметична олія для волосся.

Постановка проблеми. Косметична промисловість веде постійний пошук активних інгредієнтів і рецептурних рішень. Дослідження косметичного ринку вказують на зростання попиту на натуральну косметику. В 2016 р. він у 5 разів перевищував попит на звичайну косметику, тож очікується, що в нинішньому році ця цифра дедалі зростатиме [1].

Олію чорного кмину добувають з насіння однолітньої трав'янистої рослини *Nigella sativa*. Сфера її застосування поширюється від догляду за шкірою

до лікування захворювань шкіри та респіраторного тракту, алергій та інфекційних захворювань [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Чорний кмин, його екстракти, олія широко використовуються з лікувальною метою в кулінарії, косметичній промисловості. Серед його властивостей протипухлинна дія, антимікробні та протизапальні властивості [3].

Олія *N. sativa* ефективна проти широкого спектра організмів. Зокрема таких бактерій, як *B. cereus*, *B. subtilis*, *B. pumilus*, *S. aureus*, *S. epidermis*, *Echerichia coli*, *Salmonella abony*, і патогенних грибків — *Candida albicans* та багатьох інших [4; 5].

У медичній галузі олію чорного кмину використовують, за рекомендаціями лікаря, при цукровому діабеті, нирковій недостатності, як добавку до дієти; для зменшення рівня холестеролу; при порушенні роботи печінки й травлення; при захворюваннях чоловічої та жіночої репродуктивних систем; при захворюванні дихальних шляхів; для лікування органів сечовивідної системи тощо. Олію для прийому всередину випускають фабрики: EI Hawag, Tasnim, Amana, EI Baraka [6].

У косметичній галузі олія чорного кмину використовується для догляду за шкірою: маски та креми для обличчя, скраби (Nature'sBounty, Vigor); у засобах догляду за волоссям: шампуні, маски, олії (CHI, Bielita); у парфумерії: парфуми, туалетна вода (TomFord, AntonioBanderas) [2].

Метою дослідження є створення засобу для волосся на основі олійного екстракту з насіння чорного кмину.

Матеріали і методи. Екстракти з насіння чорного кмину отримували методом мацерації. Сутність методу полягає у подрібненні насіння з подальшим настоюванням його в іншій олії, яка в результаті збагачується корисними речовинами [7]. Як нелеткі розчинники використовували мигдалеву та ріпакову рафіновані дезодоровані олії з гідромодулями 1:5 та 1:10 і тривалості процесу 10 діб. Для дослідження складу і стабільності одержаних екстрактів використано теоретичні й експериментальні методи дослідження. Органолептичні та фізико-хімічні показники визначали за стандартними для олійножирової галузі методиками.

Результати і обговорення. Ефективність мацерації насіння чорного кмину оцінювали у трьох зразках олійних екстрактів рефрактометричним методом. Для встановлення ступеня окиснювального псування екстрактів контролювали глибину гідролізу за величиною кислотного числа та рівень окисної деструкції за величиною пероксидного числа. Для порівняння ці показники визначали також для чистих розчинників, тобто мигдалевої та ріпакової олій. Результати дослідження наведені в табл. 1.

З табл. 1 видно, що результати одержано достатньо узгодженими. Рефрактометричні показники для зразка олійного екстракту з мигдалевою олією 1:10 не змінилися порівняно з чистим розчинником. У зразку з тим же розчинником у співвідношенні 1:5 спостерігається динаміка показників: кут заломлення становить 1,4706, вміст екстрактивних речовин 72,3%, тоді як для індивідуальної мигдалевої олії — 1,4704 та 72,2%. Кращий результат за вмістом екстрактивних речовин показав зразок 1:5 після мацерації ріпаковою олією.

Таблиця 1. Показники мацерації олійних екстрактів з насіння чорного кмину

Найменування зразка	Показники рефрактометра		Показники окиснюваності	
	Кут заломлення при 20°C	Вміст екстрактивних речовин, %	КЧ, мгКОН/г	ПЧ, ммоль ($^{1/2}$ O)/кг
Ріпакова олія	1,470	72,0	—	—
Кмин:ріпакова олія, 1:5	1,471	72,5	2,04	3,4
Мигдалева олія	1,4704	72,2	—	—
Кмин:мигдалева олія, 1:5	1,4706	72,3	3,30	4,4
Кмин:мигдалева олія, 1:10	1,4704	72,2	4,95	7,3

При оцінюванні показників окисненості керувались нормами для харчових олій, оскільки значення КЧ і ПЧ косметичних олій та жировмістивних засобів остаточно неузгоджені. Так, граничною величиною доброякісних олій для КЧ є значення на рівні 4,0 мг КОН/г, а ПЧ — 10 ммоль ($^{1/2}$ O)/кг. З результатів табл. 1 видно, що вищим ступенем деструкції відзначаються екстракти на основі мигдалевої олії. Зокрема, КЧ екстракту з гідромодулем 1:10 становить 4,9 мг КОН/г і виходить за допустимі норми. Два інші екстракти виявились прийнятними для подальшого застосування за цими показником.

Для дослідження динаміки екстрагування олії чорного кмину визначали вміст пігментів в олійних екстрактах фотометричним методом за ультрафіолетовим (200—400 нм) і видимим (400—700 нм) спектрами.

На графіках (рис. 1) можна побачити наявність піків у діапазоні 350—500 нм, що свідчить про вміст каротиноїдів з максимальним поглинанням електромагнітних хвиль у діапазоні 390—480 нм. Слід зазначити, що після мацерації кількість каротиноїдів зростає. Порівнюючи розташування піків, можна стверджувати, що кількість пігменту, яка були вилучена з насіння чорного кмину під час мацерації, є більшою у зразку з гідромодулем 1:5, оскільки саме цей зразок має найвищі піки у діапазоні поглинання каротиноїдів.

У зв'язку з цим як основний компонент для виготовлення косметичної олії обрали олійний екстракт з насіння чорного кмину з ріпаковою олією у співвідношенні 1:5. Екстракт володіє прийнятними показниками окиснюваності, він показав добрі результати у рефрактометричному дослідженні, а рафінована дезодорована ріпакова олія є недифіцитним косметичним батером.

У косметичній промисловості олію ріпаку широко використовують у засобах догляду за обличчям, в тому числі лікувальних, для очищення та зволоження тіла (мийні засоби для обличчя та тіла, шампуні, кондиціонери), в сонцезахисних засобах, у дитячій доглядовій косметиці [8]. Використання олії ріпаку при догляді за волоссям та шкірою голови зміцнює волоссяні фолікули, очищує ороговілий шар шкіри, сприяючи таким чином регенерації клітин [9].

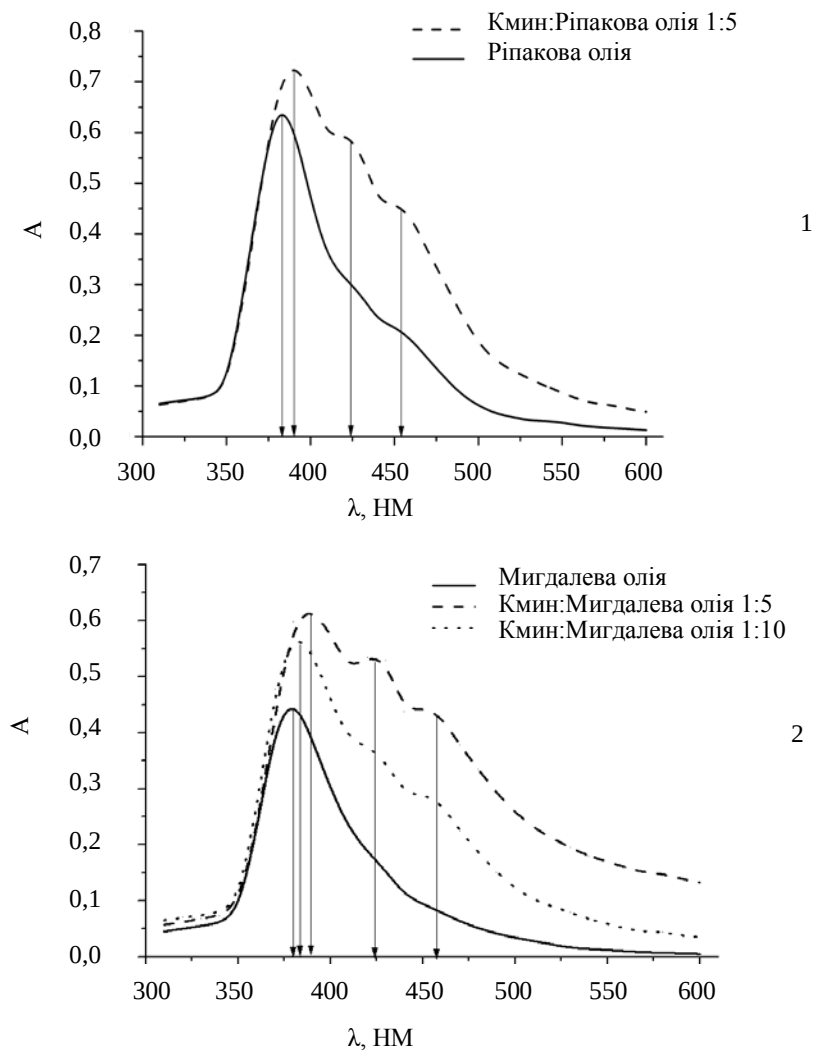


Рис. 1. Залежності оптичної густини від довжини хвилі до та після маceraції ріпаковою олією (1), мигдалевою олією (2)

Нелетка олія з насіння *Nigella sativa* містить 22% мононенасичених жирних кислот та 50% поліненасичених, з яких переважають олеїнова та лінолева кислоти. В складі олії ідентифіковано близько 32 сполуки, серед яких тимохінон 30—48%, тимогідрохінон, дитимохінон, пара-цимол 7—15%, карвакрол 6—12%, 4-терпінеол 2—7%, транс-анетол 1—4%, сесквітерпенові лактони 1—8% та альфа-пінен. Деякі з цих речовин здатні проявляти лікувальну дію [10].

Органолептичний аналіз одержаного екстракту показав можливість його застосування як рецептурного інгредієнта косметичної олії, призначеної для догляду за волоссям.

Таблиця 2. Властивості одержаного екстракту насіння чорного кмину

Показник	Характеристика
Зовнішній вигляд	Прозора рідина, опалесценція відсутня
Колір	Солом'яно-жовтий з коричневим відтінком
Запах	Специфічний, приємний, яскраво виражений гострий, пряний аромат

Згідно з ДСТУ 2472:2006 «Продукція парфумерно-косметична. Терміни та визначення понять» олія для волосся — це косметична олія для догляду за сухим і ламким волоссям із вмістом живильної рослинної олії-основи (оливкової, соняшникової, касторової, авокадо, хохобі, реп'яхової тощо) та комплексів екстрактів трав і вітамінів, яка відновлює структуру волосся та сприяє його росту.

Таблиця 3. Приклади реалізації складу косметичної олії для волосся

Найменування компонента	Властивості компонента	Приклад 1	Приклад 2	Приклад 3	Приклад 4
Олійний екстракт з насіння чорного кмину	баттер	61,5	76	78,8	82
Суміш тригліцеридів капронових і каприлових кислот	емолент	20,0	10	9	5
Диметикон	змашувальний агент, кондиціонер	15,0	10	9	5
Феноксietанол	консервант	1	1	0,8	3
Альфа-токоферол ацетат	антиоксидант, жиророзчинний вітамін	1	1	0,8	1
Ретинолу ацетат	антиоксидант, жиророзчинний вітамін	1	1	0,8	1
Ефірна олія гвоздики	запахник	0,5	1	0,8	2

Зразки косметичних олій, виготовлені за наведеними в табл. 3 прикладами рецептур, було обрано для профільного методу сенсорного аналізу, який дав змогу більш наочно та детально порівняти органолептичні показники олії для волосся. Проведено опитування групи із 16 осіб, серед досліджуваних: чоловіків — 5, жінок — 11; осіб до 19 років (юність) — 2, молодих осіб від 20 до 35 років — 10, дорослих людей старше 35 років — 2, жінок від 55 років і старше — 1, чоловіків від 60 років і старше — 1. Для оцінки інтенсивності характеристик профільним методом використано словесно-балову шкалу: 0 — ознака відсутня; 1 — ознака невиражена; 2 — ознака слабо виражена; 3 — ознака помірно виражена; 4 — ознака сильно виражена; 5 — ознака дуже сильно виражена. Після об'єднання результатів, одержаних від кожного з членів групи, виведено сенсорні профілі за прикладами рецептури (рис. 2).

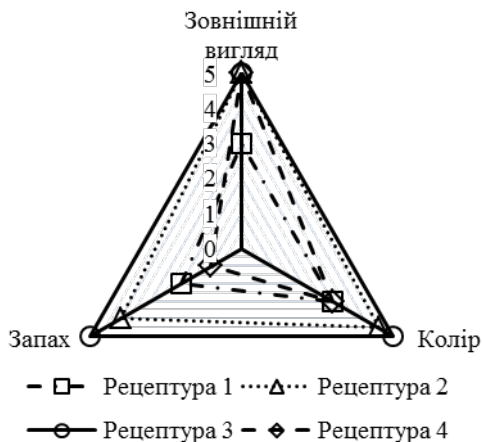


Рис. 2. Профілограма органолептичних показників косметичної олії для волосся

З огляду на аналіз результатів дослідження задовільними органолептичними показниками характеризується рецептура з таким діапазоном мас компонентів:

- олійний екстракт з насіння чорного кмину — 76,0—78,8%;
- суміш тригліцеридів капронових та каприлових кислот — 9,0—10,0%;
- диметикон — 9,0—10,0%;
- феноксиетанол — 0,8—1,0%;
- токоферолу ацетат — 0,8—1,0%;
- ретинол — 0,8—1,0%;
- ефірна олія гвоздики — 0,8—1,0%.

Таблиця 4. Порівняння визначених показників розробленої олії для волосся з вимогами ДСТУ 4767:2007

Назва показника	Характеристика та норми косметичних олій за ДСТУ		Характеристика досліджуваної косметичної олії для волосся
	На основі олії	На основі мінеральної оливи	
Зовнішній вигляд	Однорідна легкорухлива масляниста рідина без сторонніх домішок		Консистенція однорідна, масляниста, домішки відсутні
Колір	Властивий кольору косметичної олії певної назви		Властивий солом'яно-жовтий, прозорий
Запах	Властивий запаху косметичної олії певної назви		Властивий виражений, пряно-гіркий
Кислотне число, мг/КОН, не більше ніж	7,0	2,0	2,9
Масова частка води та легких речовин, %, не більше ніж	3,0		0,7
Висновки	Розроблена косметична олія на основі олійного екстракту насіння чорного кмину відповідає вимогам		

Розроблена косметична олія для волосся являє собою суміш жирових компонентів і містить екстракт з насіння чорного кмину, суміш тригліцеридів

капронових і каприлових кислот, силікон, консервант, жиророзчинні вітаміни та ефірну олію гвоздики як запашника. Завдяки властивостям рецептурних інгредієнтів така олія здатна активно збагачувати волосся вітамінами, мінералами, антиоксидантами, кислотами і фітостеролами, відновлювати баланс вологи, ефективно зміцнювати і дбайливо пом'якшувати його. Олія позитивно впливає на пошкоджене волосся, відновлює і згладжує його, реанімує посічені кінчики. Завдяки вмісту нелеткої олії з насіння чорного кмину косметична олія надає волосся блиску й еластичності, зберігає насичений відтінок як натуральних, так і фарбованих локонів, надійно захищає їх від деструктивного впливу факторів навколишнього середовища.

Висновки

Методом настоювання з нелеткими розчинниками одержано олію з плодів чорного кмину (*Nigella sativa*). Досліджено окремі показники її якості та роз'януто склад і корисні властивості. Завдяки особливому хімічному складу насіння компоненти косметичних засобів на його основі здатні чинити корисну дію на шкіряний покрив і волосся людини.

Розроблено рецептуру засобу для волосся — косметичної олії. Її основним інгредієнтом є олійний екстракт з насіння чорного кмину, обраний за кращими фізико-хімічними показниками, що володіє протизапальними, протигрибковими, регенеруючими та іншими властивостями. Засіб рекомендовано до застосування для всіх типів волосся. Проведено аналітичний контроль сенсорних і фізико-хімічних показників готової косметичної олії для волосся і встановлено їх відповідність ДСТУ 4767:2007 «Олії косметичні. Загальні технічні умови».

Література

1. Дмитрик Е. Аптечный рынок Украины по итогам 2016 года/ URL: <http://www.apteka.ua/article/398728> (дата звернення 23.08.2018).
2. Anwar F., Muhammad G. Capparis spinosa L.: A plant with high potential for development of functional foods and nutraceutical. *International Journal of Pharmacology*. 2016. № 12(3). P. 201—219.
3. Hassanien M. F., Assiri A. M., Alzohairy A. M., Oraby H. F. Health-promoting value and food applications of black cumin essential oil: an overview. // *Journal of Food Science and Technology*. 2015. № 52 (10). P. 6136—6142.
4. Mohammed N. A., Bagh J. Effect of *Nigella sativa* extracts against *Streptococcus mutans* and *Streptococcus mitis* in Vitro. *College Dentistry*. 2012. № 24(3). P. 154—157.
5. Rafati S. N. M., Naseri M., Anti-microbial effect of *Nigella sativa* seed extract against staphylococcal skin Infection. *Med. J. Islam Repub Iran*. 2014. P. 28—42.
6. Рудь Н. К., Сампиев А. М., Давитавян Н. А. Основные результаты фитохимического и фармакологического исследования чернушки посевной. *Научные ведомости. Серия Медицина Фармация*. 2013. № 25 (168). С. 207—212.
7. Пасічний В. М., Радзівська І. Г., Ющенко Н. М., Кузьмик У. Г. Розробка оксистабільних композицій аюрведичних сумішей прянощів для косметичної промисловості. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Том 24., № 3. С. 199—207.
8. Rapeseed. Thru Natural. URL: https://www.truenatural.com/glossary/entry/Brassica_Napus (дата звернення 30.08.2019).
9. Käser H. Naturkosmetische Rohstoffe. Wirkung, Verarbeitung, kosmetischer Einsatz. Linz: Freya Verlag, 2. Auflage, 2011. 407 p.
10. Скаковский Е. Д., Шиш С. Н., Шутова А. Г., Ламоткин С. А. Состав водных экстрактов семян растений рода *Nigella* L., установленный методом ЯМР. *Труды БГТУ*. 2018. серия 2. № 2. С. 171—175.

MODES OF TEMPERING TREATMENT IN THE PRODUCTION OF SMALL CORN FLAKES UNDER LABORATORY CONDITIONS

O. Shapovalenko, R. Ribchinskiy

National University of Food Technologies

Key words:

*Corn
Small flakes
Tempering treatment
Moisture
Steam pressure
Steaming time*

Article history:

Received 01.10.2019
Received in revised form
17.10.2019
Accepted 13.11.2019

Corresponding author:

R. Ribchinskiy
E-mail:
Rodion1971@gmail.com

ABSTRACT

The article investigates the effect of modes of tempering treatment on the yield and quality of small corn flakes under laboratory conditions. The diagram of technological process of production of small corn flakes included the following technological operations: moistening and cold-tempering of grits in special bins; steaming of pre-moistened grits in a periodic steam chamber; short-term tempering for 10—15 minutes in thermo-stable conditions; flattening of the obtained product on the Nagema roller machine; drying the flattened product on a laboratory dryer; control on the laboratory sifter RLU-1 for extraction of powdery fraction. The effect of pre-steaming grain moisture, steam pressure, and steaming time were investigated.

It was found that the moisture of the grits before steaming and the steam pressure have a greater influence on the yield and quality of small corn flakes. Reducing the moisture content of grits before steaming less than 20% or reducing the steam pressure less than 0.1 MPa does not allow a complete change in the physical, chemical and technological properties of grits, as indicated by the significant amount of powdery fraction produced during flattening. Increase in moisture of the grits above 24% or increase in processing time above 12 min allows to increase the yield of the flattened product, but excessive moisture of the grits leads to partial sticking of the products in the technological process and is economically impractical.

Technologically feasible mode of tempering grits in the production of small corn flakes under laboratory conditions according to the technological process, including pre-moistening of grits, steaming it in a steamer (autoclave) of periodic action, short-term tempering, flattening, drying and control of flakes is: moisture of grits before steaming — 22—24%, steam pressure in the steamer — 0.15—0.20 MPa, steaming time — 10—12 minutes. The duration of cooking of corn small flakes obtained in such modes is 4—5 minutes.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВОЛОГОТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ДРІБНИХ КУКУРУДЗЯНИХ ПЛАСТІВЦІВ

О. І. Шаповаленко, Р. С. Рибчинський

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив режимів вологотеплової обробки на вихід та якість дрібних кукурудзяних пластівців у лабораторних умовах. Схема технологічного процесу виробництва пластівців включала такі технологічні операції: зволоження та відволоження крупи у спеціальних герметичних ємностях; пропарювання попередньо зволожених зразків крупи у камері пропарювача періодичної дії; короткочасне темперування протягом 10—15 хв у термостабільних умовах; плющення отриманого продукту на вальцювому верстаті «Nageta»; сушіння плющеного продукту на лабораторній сушарці; контроль на лабораторному розсійнику РЛУ-1 для вилучення мучки.

Встановлено, що вологість крупи перед пропарюванням і тиск пари сильніше впливають на вихід та якість дрібних кукурудзяних пластівців. Зменшення вологості крупи перед пропарюванням до 20% або зменшення тиску пари до 0,1 МПа не дає змоги провести зміну фізико-хімічних і технологічних властивостей крупи у повному обсязі, на що вказує значна кількість борошення, яке утворюється при плющенні. Збільшення вологості вище 24% або збільшення тривалості обробки більше 12 хв дає змогу збільшити вихід плющеного продукту, однак надмірна вологість призводить до часткового злипання продуктів у процесі їх обробки та є економічно недоцільною.

Технологічно доцільним режимом ВТО крупи з кукурудзи при отриманні дрібних кукурудзяних пластівців у лабораторних умовах за схемою попереднього зволоження крупи, пропарювання її у пропарювачі (автоклаві) періодичної дії, короткочасного темперування, плющення, сушіння та контролю пластівців з метою вилучення мучки є вологість крупи перед пропарюванням 22,0—24,0%, тиск пари у пропарювачі 0,15—0,20 МПа, тривалість пропарювання 10—12 хв. Тривалість варіння отриманих при таких режимах пластівців складає 4—5 хв.

Ключові слова: кукурудза, дрібні пластівці, вологотеплова обробка, вологість, тиск пари, тривалість пропарювання.

Постановка проблеми. Кукурудза одна з восьми круп'яних культур, яка переробляється у крупи різної крупності та борошно. За обсягами вирощування вона залишається лідером вітчизняного рослинництва — понад 30 млн т щорічно. При цьому 80% зерна кукурудзи експортується, а розподіл зерна кукурудзи, що залишається на внутрішньому ринку, використовується в пропорції 20% на продовольчі потреби, 65% — на кормові та 15% — на технічні цілі [1].

Кукурудзу використовують у харчовій (борошно, крупа, кукурудзяні пластівці й палички, консерви, крохмаль, сироп, спирт, пиво, деякі ліки, екс-

тракти, пасти, кукурудзяна олія тощо), крохмалепатоковий, пивоварний, спиртовий промисловості, а також у виробництві ксиліту — дієтичного цукру [2; 3]. Досить різноманітний асортимент консерв з кукурудзи різних підвидів. Серед них: кукурудзяні каші з м'ясним фаршем, з м'ясом, з гарбузовим, морквяним, яблучним, абрикосовим і сливовим пюре, голубці з фаршем з кукурудзяної каші й м'ясо під томатним соусом тощо [4; 5]. Кукурудзяне борошно використовують як добавку до пшеничного борошна при виготовленні хлібопекарських, кондитерських виробів, у пивоварстві тощо [6; 7]. Кукурудза вигідно відрізняється від ячменю як сировина для пивоварної промисловості, тому що в ній міститься більше екстрактивних речовин, а склад білків кукурудзяного борошна більше відповідає вимогам технології виробництва пива, адже в кукурудзі майже немає, наприклад, розчинних у воді альбумінів, які містяться в ячмені й можуть викликати помутніння пива [8; 9].

За останнє десятиріччя в Україні зросли обсяги виробництва зерна кукурудзи. Якщо у 2008 р. вироблялось 10,8 млн т, то в минулому році було зібрано близько 35,5 млн тонн. У зв'язку з цим удосконалення існуючих або розробка нових технологій переробки на різні види харчових продуктів, розширення асортименту продукції та популяризація кукурудзи серед населення як різнопланового харчового продукту є актуальним. Зокрема, вирішенням цієї проблеми може стати виробництво дрібних кукурудзяних пластівців, що не виробляються на території України (табл. 1), окрім Сквирського КХП, який в останні роки почав випускати таку продукцію у невеликій кількості.

Таблиця 1. Асортимент та норми виходу круп, побічних продуктів і відходів при переробці зерна кукурудзи

Продукт переробки	Асортимент і вихід продукції, %			
	Крупи кукурудзяні шліфовані п'ять номерів	Крупи кукурудзяні крупні для виробництва пластівців і повітряних зерен, а також дрібні для виробництва паличок	Крупи кукурудзяні дрібні для виробництва паличок	Крупи кукурудзяні подрібнені
1	2	3	4	5
Крупи:				
шліфовані п'ятий номер	40,0	—	—	—
крупні для пластівців	—	30,0	—	—
дрібні для паличок	—	10,0	40,0	—
подрібнені	—	—	—	80,5
Борошно	15,0	15,0	15,0	12,2
Разом	55,0	55,0	55,0	92,7
Мучка	34,0	34,0	34,0	—
Зародок*	7,0	7,0	7,0	3,3
Відходи I—II категорій	3,0	3,0	3,0	2,0

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4	5
Відходи III категорії та механічні втрати	0,5	0,5	0,5	2,0
Усушка, %	0,5	0,5	0,5	—
ВСЬОГО	100,0	100,0	100,0	100,0

Примітка: *Допускається виготовлення круп без відбору зародка. В такому разі встановлюється сумарний базисний вихід борошна із зародка в кількості 22%.

Як видно з табл. 1, із зерна кукурудзи виробляють тільки крупи кукурудзяні шліфовані п'ять номерів), кукурудзяне борошно, крупи кукурудзяні подрібнені, крупи кукурудзяні крупні для виробництва пластівців і повітряних зерен, а також крупи дрібні для виробництва паличок [10].

Дрібні кукурудзяні пластівці не є традиційним продуктом для України і тому на технологію їх виробництва з вітчизняної сировини не існує нормативної документації з науково обґрунтованими режимами та нормами з якості готової продукції і термінів її зберігання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливими процесами при виробництві пластівців є процеси вологотеплової обробки крупи (пропарювання) та її пластифікації.

Основна функція пропарювання полягає у зменшенні зламу та одержанні більш міцних пластівців [11]. Додавання тепла і вологи пом'якшує крупу, роблячи її більш пластичною і менш схильною до крихкого перелому. Зміцнення пластівців відбувається при посиленні адгезії між структурними елементами пластівців. Також під час загартування та відшаровування пари крохмалю вилугується із гранул та утворює безклеюву фазу, яка утримує гранули крохмалю разом і скріплює розритий шар оболонки на поверхні пластівців [12].

При пластифікації крупа проходить між двома валками, які, зазвичай, мають діаметр 400—500 мм. Використання більшого діаметра валків на плющильних верстатах, якщо порівняти з вальцьовими верстатами, де використовується діаметр вальців 250 або 300 мм, обумовлено тим, що за допомогою спеціального механізму можливо встановлювати менший зазор між валками, що призводить до збільшення деформації стиску [14] і дає змогу отримувати меншу товщину пластівців. Унаслідок сильної пружної деформації товщина отриманих пластівців завжди більша (0,5—0,6 мм) порівняно з міжвальцьовим зазором (0,3—0,4 мм). Однак розмір частинок збільшується, тому краї пластівців ламаються. Цей ефект проявляється тим більше, чим більший розмір частинок (дрібні або розрізані крупи розширюватимуться менше і, отже, матимуть менше зламаних країв) і менший робочий зазор, що має особливе значення для обладнання з меншим діаметром вальців [11].

Що стосується режимів ВТО, то при виробництві крупних кукурудзяних пластівців кукурудзяну крупу протягом певного часу оброблюють у пропарювачі під тиском при температурі понад 100°C. Така обробка пом'якшує тверді крупи. Під час варіння додаткова вода вводиться у вигляді пари, яка конденсується, а вміст вологи після обробки підвищується до 30—35%. Потім гарячу крупу підсушують у сушарках з гарячим повітрям, переме-

люють за допомогою вальців, які плоско стискають крупу. Пластівці згортаються у величезних циліндричних печах, температура повітря в яких досягає 600°C, і перекидаються навколо обертового барабана. Барабан розташований під кутом, щоб пластівці кружляли навколо і проходили крізь нього досить швидко, що перешкоджає знаходженню їх занадто довго при високій температурі [13].

Дані про режими обробки кукурудзяної крупи при виробництві дрібних пластівців у літературі відсутні.

Мета дослідження: обґрунтувати режими волого-теплової обробки при виробництві дрібних кукурудзяних пластівців.

Матеріали і методи. Предметом досліджень була кукурудзяна крупа № 4, отримана у заводських умовах з такими показниками якості: вологість — 13,1%; зольність — 0,58%; вмісту крохмалю — 71,1%.

Об'єкт дослідження: встановлення оптимальних волого-теплових режимів, які б забезпечили найбільший вихід і найкращу якість плющених продуктів. Було проведено три серії дослідів:

- у першій серії дослідів крупу зволожували шляхом холодного кондиціювання до заданої вологості: 18, 20, 22, 24 та 26%. Інші режими були застabilізовані: тривалість відволоження — 10 год, тиск пари — 0,2 МПа;

- у другій серії дослідів змінювали тиск пари від 0,05 до 0,20 МПа з кроком 0,05 МПа при стабільній вологості крупи перед пропарюванням — 22% і тривалості відволоження — 10 год;

- у третій серії дослідів змінювали тривалість пропарювання від 6 до 14 хв (з кроком 2 хв). Тиск пари складав — 0,20 МПа, вологість крупи перед пропарюванням — 22%.

Технологічна схема виробництва дрібних кукурудзяних пластівців у лабораторних умовах включала такі етапи:

- зволоження за допомогою спеціального пристрою, що розприскує воду протягом 15—20 с, та відволоження у спеціальних герметичних ємностях зразків крупи;

- пропарювання попередньо зволжених зразків крупи у камері пропарювача періодичної дії;

- короткочасне темперування протягом 10—15 хв у термостабільних умовах;

- плющення отриманого продукту на вальцювому верстаті «Nagema» з гладкими вальцями при зазорі 0,3—0,4 мм;

- сушіння плющеного продукту на лабораторній сушарці;

- контроль на лабораторному розсійнику РЛУ-1 (просіювання на ситі № 067) для вилучення мучнистих продуктів.

Отримані продукти при різних режимах оцінювали за: органолептичною оцінкою (візуальний вигляд і форма); кількісною оцінкою (вихід пластівців, крупність, %); якісною оцінкою (вологість, зольність, крохмаль); споживчою оцінкою (пробна варка та коефіцієнт розварюваності).

Кількість води (K), необхідної для зволоження, визначали за формулою:

$$B = 3 \left(\frac{(100 - A)}{(100 - B)} - 1 \right), \quad (1)$$

де В — кількість води, що додається при зволоженні, г; З — маса зволоженого зерна, г; А — початкова вологість зерна, %; Б — кінцева вологість зерна, %.

Вихід пластівців визначали кількістю сходу з сита № 067 при просіюванні 100 г плющеного продукту; крупність пластівців — за модулем крупності при просіюванні на наборі сит з $\varnothing$ 2,8; 2,6; 2,3; 2,0; 1,6 мм.

Для дослідження фізико-хімічних показників кукурудзяних продуктів (вологість, зольність, вміст крохмалю) використовували стандартні методики: вологість визначали шляхом висушування в сушильній шафі при температурі 130°C згідно з ГОСТ 13586.5-93, зольність — озоленням у муфельній печі при температурі 800°C згідно з ДСТУ ISO 2171:2009, вміст крохмалю — поляриметричним методом за Еверсом згідно з ГОСТ 10845-98.

Результати і обговорення. На першому етапі (серія 1, досліди 1—5) досліджень режимів вологотеплової обробки (ВТО) визначали вплив зволоження крупи на вихід, якість продуктів плющення та отриманих пластівців (табл. 2).

При низькій вологості крупи (18 та 20%) утворювалось багато мучки — 28,1 та 22,7% відповідно, із зольністю 0,68—0,72% та вмістом крохмалю 64,0—68,0%. При зольності вихідної крупи 0,63% та вмісту крохмалю 71,1% це свідчило про те, що волога при кондиціонуванні проникла у внутрішні шари крупинок, але на поверхні її було недостатньо. Тому високозольні периферичні частинки крупинок гірше піддавались плющенню, подрібнювались та утворювали мучку.

При вологості крупи 22% та вище кількість мучки була 8,6—9,2%, що для лабораторних умов є максимально можливим результатом. Однак висока вологість крупи до пропарювання призводить до високої вологості пластівців, що потребує збільшення енерговитрат при їх сушінні та доведенні до норм (не більше 13,0%), що гарантують їх зберігання протягом 6—9 міс. Крім того, при вологості крупи перед пропарюванням 24 та 26% в отриманих продуктах було помітно злипання часток, що в промислових умовах призведе до зменшення сипкості продуктів, зменшення продуктивності обладнання та порушення технологічного процесу. Тому за оптимальну було прийнято вологість крупи перед пропарюванням 22%.

Після визначення необхідної вологості крупи досліджували вплив тиску пари (серія 2, досліди 6—9). При тривалості пропарювання 10 хв, тиску пари 0,05 та 0,10 МПа недостатньо для рівномірного захоплення води усією крупинкою. При тиску пари 0,15 та 0,20 МПа вихід мучки був 11,9 та 9,6%, а її зольність (0,61 та 0,58%, відповідно) та вміст крохмалю (74,1 та 78,0%, відповідно) свідчили про те, що в її складі частка центральної частини (ендосперму) перевищувала частку периферичних частин.

При більш жорстких режимах відбувалось збільшення зольності пластівців на 0,01—0,02%, що пояснюється міграцією зольних речовин з внутрішніх частин на периферію [15], і зменшення вмісту крохмалю, що, у свою чергу, відбувалось у зв'язку з переходом частки ендосперму в мучку, а також унаслідок його клейстеризації з подальшим набуханням і порушенням натив-

ної структури крохмальних зерен при термічній обробці вище 50—60°C. Також це свідчить про ефективність проведення процесу пропарювання.

Оптимальним тиском пари прийнято 0,20 МПа, подальше його підвищення було обмежено конструкцією лабораторного пропарювача, тому здійснено третю серію дослідів (досліди 10—14), де при встановлених раніше режимах (вологості крупи та тиску пари) змінювали тривалість пропарювання. Варто зазначити, що тривалість пропарювання порівняно з іншими факторами менше вплинула на кількісні результати процесу пластифікації. При збільшенні тривалості пропарювання з 6 до 14 хв вихід мучки знизився тільки на 4,6% — з 13,5 до 8,9%. При тривалості пропарювання від 10 до 14 хв якість пластівців була практично однаковою — зольність 0,64—0,65%, вміст крохмалю — 69,5—70,4%, однак при 14 хв обробки спостерігалось частково злипання продукту, тому тривалість обробки слід витримувати в межах 10—12 хв.

Наступним показником, за яким було оцінено якість проведення ВТО, став модуль крупності: чим вища крупність отриманих пластівців — тим краще. Найбільша крупність пластівців та їх найкраща вирівнюваність за крупністю була отримана при більш «жорстких умовах» (табл. 2).

Оцінка зовнішнього вигляду стала однією з ключових при виборі оптимальних режимів ВТО. При органолептичній оцінці пластівців важливо, щоб кукурудзяні пластівці були міцними, однакової крупності та консистенції, не кришилися. У зв'язку з тим, що вони дрібніші за вівсяні, такий показник, як товщина пластівців, для них не нормований. На рисунку показано зовнішній вигляд отриманих продуктів при різних режимах ВТО.

На підставі вищенаведених фактів та за органолептичною оцінкою технологічно доцільними режимами ВТО крупи при отриманні дрібних кукурудзяних пластівців є вологість перед пропарюванням 22—24%, тиск пари 0,15—0,20 МПа, тривалість пропарювання 10—12 хв. Пропарювання крупи при таких режимах дає змогу отримувати вихід пластівців на рівні 88,2—91,4%. За попередньою органолептичною оцінкою плющений продукт, отриманий при таких режимах, характеризується як пластівці (рис. Б).

Таблиця 2. Гранулометричний склад (вихід фракцій, %) та органолептична оцінка пластівців

Фракція	Серія 1. Вологість перед пропарюванням, W, %					Серія 2. Значення тиску, P, МПа				Серія 3. Тривалість пропарювання, τ, хв				
	18	20	22	24	26	0,05	0,10	0,15	0,20	6	8	10	12	14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№ дослідів	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ø -/2,8	4,9	4,5	4,1	4,9	5,3	7,4	6,0	5,6	4,1	5,0	4,6	4,1	5,1	5,4
Ø 2,8/2,6	6,6	6,2	5,0	5,4	5,0	9,6	9,0	8,3	5,0	5,1	5,7	5,0	5,7	6,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø 2,6/2,3	12,9	11,7	10,2	9,9	10,2	11,7	14,0	12,0	10,2	10,0	9,5	10,2	9,5	9,8
Ø 2,3/2,0	10,5	12,0	11,3	11,2	11,4	13,5	13,5	12,5	11,3	10,2	10,6	11,3	9,8	10,3
Ø 2,0/1,6	35,2	43,4	52,8	54,2	56,2	28,0	30,3	38,2	52,8	44,2	50,2	52,8	55,9	56,6
Ø 1,6/-	29,9	22,2	16,6	14,4	11,9	29,8	27,2	23,4	16,6	25,5	19,4	16,6	14,0	11,7
Всього	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Модуль крупності, мм	1,65	1,72	1,77	1,80	1,83	1,66	1,69	1,71	1,77	1,69	1,74	1,77	1,79	1,82
Зовнішній вигляд	Схоже на пластівці	Пластівці	Пластівці, кращий результат	Найвне часткове злипання продукту	Найвне злипання продукту	Ядро плющене	Схоже на пластівці	Пластівці, кращий результат	Пластівці, кращий результат	Схоже на пластівці	Пластівці, кращий результат	Пластівці, кращий результат	Найвне часткове злипання продукту	Найвне часткове злипання продукту

Зменшення вологості ядра перед пропарюванням до 20% або зменшення тиску пари до 0,1 МПа не дає змоги провести зміну фізико-хімічних і технологічних властивостей крупи у повному обсязі, на що вказує значна кількість мучки, яка утворюється при плющенні. Велика кількість мучки на етапі плющення вказує на недостатньо пластичні властивості крупи. Окрім цього, при плющенні крупи, підготовленої за такого режиму, від пластівців відколюються частини і кінцевий продукт характеризується несиметричною формою (рис. А).



А



Б



В

Рис. Зовнішній вигляд пластівців при різній вологості крупи
($P = 0,20$ МПа, $t = 10$ хв): А — $W_n = 20,0\%$; Б — $W_n = 22,0\%$; В — $W_n = 24,0\%$

Збільшення вологості продукту вище 24% або збільшення тривалості його обробки більше 12 хв, у свою чергу, дає змогу збільшити вихід плющеного ядра, однак надмірна вологість крупи перед пропарюванням призводить до подальшого розмазування крупи, забивання технологічного обладнання, ви-

сокої вологості. Тож пластівці, отримані при такому режимі, характеризуються частковим злипанням і неоднорідною крупністю (рис. В).

При оцінці споживчих властивостей пластівців встановлено, що тривалість варіння отриманих пластівців була практично однаковою і складала 4—6 хв, незначно змінюючись залежно від «жорсткості» режимів вологотеплової обробки. Із зміною режимів у більшу сторону тривалість варіння дещо зменшувалась. При визначених оптимальних режимах ВТО тривалість варіння дрібних кукурудзяних пластівців складає 4—5 хв.

Висновки

Технологічно доцільним режимом ВТО крупи з кукурудзи при отриманні дрібних кукурудзяних пластівців за схемою попереднього зволоження крупи, пропарювання її у пропарювачі (автоклаві) періодичної дії, короточасного темперування, плющення, сушіння та контролю пластівців з метою вилучення мучки є вологість крупи перед пропарюванням — 22—24,0%, тиск пари у пропарювачі — 0,15—0,20 МПа, тривалість пропарювання — 10—12 хв. Тривалість варіння отриманих при таких режимах кукурудзяних дрібних пластівців складає 4—5 хв.

Враховуючи, що сьогодні більшим попитом користуються продукти, які не потребують варіння, перспективним напрямком подальших досліджень є обґрунтування структури і режимів ВТО кукурудзяної крупи для виробництва дрібних пластівців, для приготування яких достатньо залити їх окропом і дати постояти протягом 3—5 хв під закритою кришкою.

Література

1. Дробот В. И., Писарец О. П., Кравченко И. Н. Использование продуктов переработки кукурузы в производстве хлеба из композиционных смесей. *Наука. Образование. Молодежь: республиканская конференция молодых ученых, 18—19 апреля 2013 г.*: материалы докладов и выступлений. Алматы: АТУ, 2013. С. 64—66.
2. Suri D. J., Tanumihardjo S. A. Effects of Different Processing Methods on the Micro-nutrient and Phytochemical Contents of Maize: From A to Z. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016. Vol. 15, No. 5. С. 912—926.
3. Guo L., Liu R., Lia X. The physical and adsorption properties of different modified corn starches. *Starch*. 2015. Vol. 67, No. 3—4. С. 237—246.
4. Merwe B. Van der, Erasmus C., Taylor J. R. N. African maize porridge: A food with slow in vitro starch digestibility. *Food Chemistry*. 2001. Vol. 72, No. 3. С. 347—353.
5. Merwe B. Van der. Maize porridge starch digestibility: Thesis, Pretoria, University of Pretoria, 1999. 134 с.
6. la Hera E. De, Talegón M., Caballero P. Influence of maize flour particle size on gluten-free breadmaking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013. Vol. 93, No. 4. С. 924—932.
7. Case S. E., Hamann D. D., Schwartz S. J. Effect of starch gelatinization on physical-properties of extruded wheat-based and corn-based products. *Cereal Chemistry*. 1992. Vol. 69, No. 4. С. 401—404.
8. Кузьменкова Н. М. Разработка комплексной технологии этанола из кукурузы на основе дифференцированных способов переработки сырья: автореф. дис. ... к.т.н. Москва, МГУПП, 2014. 24 с.
9. Ore G., Mironov M., Shootov A. Design and production of maize beer. *MOJ Food Processing & Technology*. 2018. Vol. 6, No. 1. С. 78—87.

10. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах: К.: Київський ін-т хлібопродуктів, 1998. 162 с.
11. Gates F. Role of heat treatment in the processing and quality of oat flakes: Thesis, Helsinki, 2007, University of Helsinki. 69 с.
12. McDonough C. M., Anderson B. J., Rooney L. W. Structural characteristics of steam-flaked sorghum. *Cereal Chemistry*. 1997. Vol. 74. C. 542—547.
13. Comparative tests performance scores of corn flakes. *Consumer voice*. 2012. No. September. C. 7—12.
14. Dieter G. E. Mechanical metallurgy: New York: 1986. 751 с.
15. Соц С. М. Удосконалення технології підготовки зерна рису до переробки: Авто-реферат дис. ... к.т.н. Одеса, ОНА, 2006. 16 с.

NUTRIENTS TO INCREASE THE RESISTANCE OF HUMAN ORGANISM TO ANTHROPOGENOUS FACTORS

G. Simakhina, T. Martynenko, M. Zakrzhevsky

National University of Food Technologies

Key words:

*Biosphere
Urbanization
Human organism
Foodstuffs
Protective properties
Microorganisms
Nutrients*

Article history:

Received 03.10.2019
Received in revised form
17.10.2019
Accepted 12.11.2019

Corresponding author:

G. Simakhina
E-mail:
top_nuft@ukr.net

ABSTRACT

The human is a part of biosphere, which appeared within it during the long lasting evolution process; now the human interacts with the rest of biosphere components impacting the environment significantly. However, the extremely fast developing scientific and technical progress is now in contradiction with biological regularities that were formed in biosphere during evolution. Due to the anthropogenous influence, the atmosphere is changing in composition, the misbalance between substances in nature is growing, and the big city crisis is deepening. The urbanization process caused the new factors to negatively impact the population health. Therefore, the search for the effective means to protect human organism from malignant environmental influences is relevant. Because the foodstuffs are consumed all day long, the nutrients obtain the priority as the protective components for cells, tissues, and systems in human organism.

The task is just to study the diversity of the nutrients and further to select those of them that make the most expressed influence on the organism thanks to their functional and biological characteristics. These searches became the objectives of this work, which consequently allowed the authors to determine five groups of nutrient substances (those to fulfill the barrier functions; those to improve the disinfection functions of liver; those to neutralize the impacts of harmful microorganisms, viruses and other strange components and thereafter to activate the immune system; those to make the anti-cancer action; those to protect the organism from accumulation of radionuclides, heavy metals, etc). Having based on the literary data and the results of the own theoretical researches, the authors of the article gave the characteristics to the main representatives of all the five groups regarding their influence on organs and systems, then proposed their daily intake and natural sources. The materials of the article became the base for the following conclusion: both physical and mental development is impossible without the reasonable interaction between the human and nature, and without the human's ability to expediently use the potentials of foodstuffs components and to create the system of nutrition for well-being as the tightest connection between human and one's environment.

НУТРИЄНТИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РЕЗИСТЕНТНОСТІ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ДО АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ

Г. О. Сімахіна, Т. А. Мартиненко, М. В. Закржевський

Національний університет харчових технологій

Людина є частиною біосфери, виникла з її надр унаслідок тривалого еволюційного процесу і тісно взаємодіє з рештою її ланок, справляючи відчутний вплив на природне середовище. Однак науково-технічний прогрес, який стрімко розвивається, в нинішній час вступив у протиріччя з біологічними закономірностями, які сформувались у біосфері в процесі еволюції. За рахунок антропогенного впливу змінюється склад атмосфери, зростає дисбаланс сполук у навколишньому середовищі, поглиблюється криза великих міст. Процес урбанізації призвів до появи нових антропогенних чинників, які негативно впливають на стан здоров'я населення, тому актуальним є пошук ефективних способів захисту організму людини від несприятливої дії довкілля. І оскільки лише харчові продукти повсякденно надходять в організм, то саме вони набувають пріоритетного значення як захисні компоненти клітин, тканин і систем живого організму. Потрібно лише з усього розмаїття нутрієнтів обрати ті, які за своїми функціональними та біологічними характеристиками справляють найбільш виражений вплив на організм.

У статті виокремлено п'яти груп сполук нутрієнтів, що забезпечують функції бар'єрних тканин організму, поліпшують знезаражувальну функцію печінки, знешкоджують дію шкідливих мікроорганізмів, вірусів та інших чужорідних компонентів і активізують імунну систему, справляють антиканцерогенну дію та запобігають накопиченню в організмі радіонуклідів, важких металів тощо. На основі літературних даних і власних теоретичних досліджень основні представники зазначених сполук охарактеризовано з точки зору їхнього впливу на певні органи та системи, наведено добову потребу споживання та природні джерела.

За матеріалами статті зроблено висновок: розвиток людини (фізичний і психічний), стан її здоров'я та підтримання його на належному рівні неможливі без раціональної взаємодії людини й природи, без уміння людини розумно використовувати потенційні можливості компонентів харчових продуктів і створювати систему оздоровчого харчування як найтісніший зв'язок людини і навколишнього світу.

Ключові слова: біосфера, урбанізація, організм людини, харчові продукти, захисні властивості, мікроорганізми, нутрієнти.

Постановка проблеми. Організм людини — це відкрита біологічна система, що перебуває в діалектичній єдності з навколишнім середовищем [1]. Соціальні та екологічні проблеми, антропогенне забруднення природи, недбале, споживацьке ставлення до біосфери та порушення її гармонійної діяльності в

сучасних умовах здебільшого уже неадекватні біологічним можливостям організму людини, що справляє негативний вплив на стан її здоров'я [2].

Техногенні промислові відходи переважно є чужорідними природі сполуками (наприклад, полімерні матеріали), і тому вони не включаються до природних циклів. На сьогодні обсяги і токсичність техногенних викидів досягають межі компенсаторних можливостей біосфери, яка неспроможна реалізувати механізми самоочищення [3].

З другого боку, здоров'ю людини загрожують чинники, що виникли внаслідок урбанізації [4]. Цей процес є найхарактернішою ознакою сучасної цивілізації. У більшості розвинених країн у містах живе близько 3/4 всього населення, а в деяких навіть більше. В результаті створюється нове екологічне середовище з високою концентрацією антропогенних чинників [5]. Одні з них, такі як забруднення атмосферного повітря, високий рівень шуму, електромагнітні випромінювання, є безпосереднім продуктом індустріалізації. Інші — висока радіація, забруднення великих територій — наслідок неминучих аварій. Треті — зосередження підприємств на обмеженій території, висока щільність населення, внутрішньоміські і міжміські міграційні процеси тощо — наслідок урбанізації як форми розселення.

Людина як біологічний вид може жити в природно обмежених умовах зовнішнього середовища. У той же час люди живуть і на територіях, що не повністю або не у всі пори року відповідають цим умовам. Це стало можливим завдяки застосуванню штучно створюваних умов, що особливо наочно проявляється в містах. Життєве середовище людини у великому місті є складною системою не тільки екологічних, але й соціальних дій на організм. При цьому створюються не лише умови, що полегшують або забезпечують життя, а й чинники негативної дії на організм. Людина як біологічний вид еволюціонує набагато повільніше, ніж створювані нею самою зовнішні умови. І це відставання неминуче відбивається як на функціях її вегетативних органів і системах регуляції, так і на психіці міського жителя.

Тому в різних галузях науки ведеться інтенсивний пошук способів захисту організму населення від техногенних та антропогенних чинників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні констатовано факт, що зазначені чинники можуть діяти на організм людини двома шляхами: безпосередньо ушкоджуючи біологічні структури або ушкоджуючи їх опосередковано через збудження лімбічної системи і пов'язаних із нею структур головного мозку [6].

Розвиток адаптації організму людини на дію чинників урбанізації часто відбувається за відсутності м'язової діяльності, без реалізації катехоламінів. І висока концентрація гормонів призводить до гістотоксичного впливу їх на організм. Передусім це позначається на серці і судинах, які є найбільш чутливими і вразливими: виникають мікронекрози в міокарді та інших відділах судинного русла, розвиваються гіпертонічна хвороба, атеросклероз, можуть виникати виразкова хвороба, порушення психічної діяльності [7].

Останнє особливо часто буває наслідком нашарування емоційного стресу. Емоційний стрес розвивається і в умовах, коли не вдається досягти резуль-

тату, життєво важливого для задоволення біологічних і соціальних потреб. Наприклад, міські види діяльності породжують конкуренцію між людьми; природно, що для більшості людей це вельми часто закінчується поразкою, а значить, і емоційним сплеском — стресом. Інформаційні та інтелектуальні перевантаження викликають у городян відчуття психічної втоми (4/5 випадків інфаркту міокарда і більшість випадків виразкової хвороби шлунка можна пов'язати з її супутньою дією) [8].

В останні десятиліття особливо яскраво виявилось те, що не тільки людина залежить від умов зовнішнього середовища, а й природа, та і саме життя на планеті Земля все більше стали залежати від життєдіяльності людини [9]. Тому в умовах сучасного розвитку світової економіки організм людини повинен адаптуватися не тільки і не стільки до природних умов — до них організм людини адаптувався протягом усієї «передісторії» життя на нашій планеті. А ось адаптуватися до створюваних самою людиною чинників, багато з яких є негативними антропогенними факторами, буває деколи набагато важче, оскільки немає «досвіду» попередніх поколінь.

Мета статті: на основі літературних даних і результатів власних теоретичних досліджень з'ясувати й обґрунтувати доцільність використання певних компонентів харчових продуктів як захисних чинників клітин, органів і систем організму людини від шкідливих антропогенних впливів.

Матеріали і методи. Літературні джерела вітчизняних і зарубіжних авторів. В основу методологічної бази дослідження покладено методи наукового пізнання та системного підходу.

Викладення основних результатів дослідження. Уже зазначалося, що організм людини складається з клітин, тканин, органів та систем і від їхнього функціонування залежить стан здоров'я людини, тривалість її життя, виконання біологічних і соціальних завдань.

У зв'язку з несприятливими екологічними умовами і необхідністю постійного захисту організму від них пріоритетного значення набуває використання з цією метою компонентів повсякденної їжі, які відзначаються різноманітними видами захисної дії від радіонуклідів, важких металів, токсичних сполук, шкідливих мікроорганізмів тощо.

Оскільки такі незначні чинники постійно впливають на населення (наприклад, малі дози радіоактивного опромінення), то й засоби захисту від них мають постійно надходити в організм людини, тому увага й акцентується на введенні до харчових раціонів нутрієнтів знешкоджуючої дії.

Ушкоджуючі чинники впливають на організм через шкіру, дихальні шляхи, шлунково-кишковий тракт. Фізіологічно організм людини настільки досконалий, що на всіх етапах надходження цих сполук у внутрішнє середовище включаються різноманітні захисні механізми, у здійсненні яких найважливіша роль належить печінці та імунній системі [10].

Їхня активність дуже тісно пов'язана з наявністю у харчовому раціоні певних компонентів, які й забезпечують відповідні захисні реакції, наприклад, руйнування токсичних сполук, їх зв'язування в неактивні комплекси і видалення з організму.

За характером захисного впливу можна виділити такі групи сполук - нутрієнтів [11—13]:

- сполуки, що беруть участь у забезпеченні функції бар'єрних тканин організму (біомембран, стінок судин тощо);
- сполуки, що поліпшують незаражувальну функцію печінки;
- сполуки, що знешкоджують дію шкідливих мікроорганізмів, вірусів та інших чужорідних компонентів і активізують імунну систему;
- сполуки антиканцерогенної дії;
- сполуки, що запобігають накопиченню в організмі радіонуклідів, важких металів тощо.

Багато компонентів харчових продуктів поєднують зазначені властивості. Доцільно розглянути характеристику основних представників кожної групи. Тож до нутрієнтів першої групи, які забезпечують бар'єрні функції в організмі, належать передусім вітаміни А, С, Е, групи В та біофлавоноїди.

Так, вітамін А (ретинол, ретиналь) бере участь у регулюванні окисно-відновних процесів; легко окислюючись у складі мембран, змінює їх проникність та біосинтез компонентів мембран. Він стимулює бар'єрну функцію мембран шкіри і всіх слизових (дихальних та сечостатевого шляхів, шлунково-кишкового тракту).

Вітамін А міститься лише у продуктах тваринного походження. В рослинах синтезуються його попередники — провітаміни каротиноїди (від лат. *Carota* — морква). У слизовій кишечника під впливом ферменту каротиноксигенази β -каротин окислюється, утворюючи дві молекули активного ретинолу. Каротини α і γ містять лише по одному β -іононовому кільцю, тому при потраплянні у кишечник утворюють по одній молекулі вітаміну А кожен.

Добова потреба вітаміну А для дорослої людини складає 1,5—2,0 мг (500—600 МО). Найважливіші природні джерела вітаміну А: печінка з морських риб, печінка рогатої худоби, яєчний жовток, вершкове масло. Природні джерела каротинів: червоний перець, морква, гарбуз, салат, зелені овочі, ягоди обліпихи та горобини, абрикоси, персики тощо. Для всмоктування вітаміну А та каротинів необхідні жири та жовчні кислоти [14].

Велика роль у захисті бар'єрних функцій належить вітаміну Е — токоферолу (з грецької «токос» — потомство, «феро» — несу). Захисна функція токоферолу полягає в тому, що він є потужним і головним жиророзчинним антиоксидантом. Його дія спрямована на посилення тканинного дихання й утримування на стаціонарному рівні вільнорадикального перекисного окислення. Він служить «пасткою» для вільних радикалів, утворюючи з ними неактивні форми, які обривають ланцюг окислення. Цим він захищає від окислення поліненасичені жирні кислоти у складі клітинних мембран і запобігає їхній загибелі.

Добова потреба вітаміну Е для дорослої людини складає 10—15 мг. Найбагатші природні джерела вітаміну Е: рослинні олії (кукурудзяна, соняшникова, оливкова), із зародків пшениці, льону. В продуктах тваринного походження вітаміну Е дуже мало (вершкове масло, м'ясо, сало).

Ще один вітамін цієї групи — аскорбінова кислота (АК). Вона відіграє основну функціональну роль у біохімічних та фізіологічних процесах в організмі людини і вищих тварин. Вітамін С сприяє нормальному розвитку сполучної тканини, процесам регенерації та загоєння ран; за його нестачі порушується синтез глікопротеїнів, що призводить до руйнування клітинних мембран, ураження стінок судин і опірних тканин. АК, як і віщезгадані вітаміни, бере участь в окисно-відновних реакціях.

Уже зазначалося, що деякі нутрієнти за захисними властивостями можна віднести до декількох груп (із зазначених вище п'яти). Це передусім стосується аскорбінової кислоти. Так, цей вітамін має велике значення для клітинного імунітету (3-я група захисних сполук), що пов'язано з його антиоксидантними властивостями і захистом мембрани фагоцитів (компонентів імунної системи) від руйнівної дії вільнорадикальних форм кисню і хлору.

АК блокує утворення канцерогенних нітрозамінів, які можуть трансформуватись в організмі з нітратів та нітритів, що надходять із харчовими продуктами (4-а група захисних сполук). Численні епідеміологічні дослідження показали чіткий зв'язок між раціонами харчування з високим вмістом АК у складі овочів, фруктів, ягід і незначним ризиком онкологічних хвороб шлунково-кишкового тракту.

Добова потреба аскорбінової кислоти для дорослої людини 150—200 мг. При курінні, інтенсивній фізичній праці, нервово-емоційних стресах, в умовах холодного клімату вона зростає на 50%. Основні природні джерела АК — фрукти, ягоди, овочі, зелень, прянощі. Вона практично відсутня у злакових і м'ясних продуктах, жирах (за винятком печінки).

У захисті бар'єрних тканин беруть участь біофлавоноїди — вітамін Р. Його назва походить від угорського слова *parpika* — червоний перець та англійського слова *permeation* — проникність, що вказує на дію вітаміну. В основі будови молекули вітаміну Р лежить флавіон — циклічна сполука, що містить у своєму складі фенольні залишки, кетогрупи, гідроксигрупи. Біофлавоноїди — це величезна група (понад 2000) сполук, що мають унікальну здатність зміцнювати кровоносні капіляри. Найважливіші представники — катехіни, епікатехіни, кверцетин, рутин, гесперетин, гесперидин, кумарини, антоціани.

Кількість різноманітних з хімічної точки зору біофлавоноїдів, що надходять з їжею, досить велика. Біофлавоноїди не накопичуються в організмі, а піддаються швидким окислювальним перетворенням до фенольних кислот.

Істотна роль у механізмі дії біофлавоноїдів належить їх антиоксидантним властивостям, зокрема здатності гальмувати вільнорадикальні процеси окислення ліпідів та окислювальної модифікації ліпопротеїдів [15]. Це оберігає мембрани клітин від руйнування, і тому ця група сполук має захисний ефект.

Водночас, біофлавоноїди розглядаються сьогодні як перспективні засоби для зниження ризику серцево-судинних та онкологічних хвороб (4-а група захисних сполук), а також як радіопротектори (5-а група захисних сполук). Потреба людини у вітаміні Р, за різними оцінками науковців, складає від 50 до 500 мг/добу.

Оскільки біофлавоноїди — продукти життєдіяльності рослин, то саме вони є основним джерелом цих цінних сполук як у харчовій, так і в фармацевтичній промисловості. Значні кількості біофлавоноїдів містяться у червоному перці, ягодах смородини, суниць, малини, вишні, обліпихи, листі чаю, винограді, цитрусових.

До 1-ї групи захисних сполук можна віднести також лецитин, кефалін, сірковмісні амінокислоти, лимонну кислоту та інші нутрієнти антиоксидантної дії. До 2-ї групи захисних сполук, які поліпшують знезаражувальну функцію печінки, належать нутрієнти, які забезпечують процеси гідроксилування, метилювання токсичних речовин, утворюючи з ними ефіри, які видаляються з організму нирками або з жовчю. Джерелами рухливих метильних груп є метіонін, вітаміни U та B₁₅, холін, лецитин, бетаїн та вітамін B₁₂. До нутрієнтів цієї групи належать також пантотенова та глютамінова кислоти, необхідні для утворення розчинних ефірів з оцтовою кислотою.

Знезаражувальна функція печінки істотно знижується при її жировому переродженні [16]. Причини й механізми цього процесу можуть бути різними. Основні з них: дія гепатотоксичних речовин (галогенопохідні вуглеводів та алкоголь), нестача у їжі білка та холіну (жироподібної сполуки, складової фосфатидилхоліну), інфекційні хвороби та злоякісні пухлини.

Отже, жирове переродження печінки можна вилікувати чи, краще, запобігти йому, надходженням з раціоном достатньої кількості білків і холіну. Уже зазначали, що холін є компонентом фосфоліпідів, а печінка — основне місце синтезу фосфоліпідів крові, для яких необхідними є жирні кислоти. Тому, коли в організм потрапляє мало холіну або амінокислот, з яких він може синтезуватись (наприклад, метіоніну), знижується швидкість синтезу фосфатидилхоліну, а отже, і швидкість виведення жирних кислот з печінки, що й призводить до її жирового переродження.

Речовини, які запобігають жировому переродженню печінки, називаються ліпотропними. Це холін, амінокислоти триптофан, метіонін і серин, лецитин. Яєчні жовтки — одні з небагатьох харчових джерел (поряд із соєю) фосфатидилхоліну, який ще називають лецитином. Сюди ж можна віднести м'ясні продукти, зелень деяких лікарських трав (наприклад, кульбаби), горіхи, насіння соняшника і гарбуза, соєві боби.

Характеристики нутрієнтів 3-ї групи (захист від шкідливих мікроорганізмів, зміцнення імунної системи) доцільно розпочати із фітонцидів, які містяться в багатьох продуктах рослинного походження. Це сполуки бактерицидної, антивірусної дії. Більшість із них нестійкі і швидко розкладаються. Наприклад, аліцин, який міститься в свіжому часнику, а при його подрібненні переходить у легкий стан.

Сполуки фітонцидної дії в організмі людини практично не засвоюються і, переходячи аж до товстого кишечника, запобігають інфікуванню всього шлунково-кишкового тракту шкідливими мікроорганізмами. Найбагатші природні джерела фітонцидів — гірчиця, хрін, часник, цибуля, зелені овочі, прянощі, ягоди суниць, журавлини, чорниці, ефірні олії.

Пошук нових природних джерел стимуляторів росту корисних бактерій у кишечнику виявив чудові властивості хлорели — одноклітинної водорості, яку спочатку культивували як дешевий замітник м'яса. Згодом з'ясувалось, що хлорела — не просто цінне джерело білка, вона містить й інші унікальні сполуки. Наприклад, пантотенової кислоти, яку було згадано як ефективний засіб підвищення незаражувальної функції печінки, хлорела накопичує більше, ніж будь-який інший рослинний матеріал. У ній надзвичайно багато хлорофілу — зеленого пігменту з чудовими очищувальними та антибактеріальними властивостями. Ще один хімічний елемент — хлорелан — зміцнює нашу імунну систему, сприяючи синтезу інтерферону [17]. Хлорела забезпечує загальне оздоровлення шлунково-кишкового тракту, зокрема при виразкових хворобах, а також знижує рівень холестерину. Для виявлення зазначених ефектів достатньою є доза 1—2 чайних ложки хлорели, а з оздоровчою метою — всього 0,5 чайних ложки.

Активує утворення інтерферону (специфічного білка, який синтезується в клітинах організму у відповідь на появу вірусів і пригнічує їх розмноження) також аскорбінова кислота, основні природні джерела якої зазначено вище. Вона ж захищає мембрани фагоцитів від руйнівних чинників. Загалом, це підвищує ефективність функціонування різних ланок імунної системи і, що дуже важливо, є переконливим доказом важливості компонентів харчових продуктів у формуванні стійкого імунітету.

Аналіз нутрієнтів 3-ї групи захисних сполук свідчить про їхню здатність знешкоджувати шкідливі мікроорганізми і сприяти розмноженню корисних. Луї Пастер давно передбачав, що наявність корисних бактерій у травному тракті необхідна для хорошого здоров'я. Сучасна наука підтвердила правоту видатного вченого. Більш того, вона встановила також парадоксальний факт — корисні бактерії складають істотну меншість серед мільярдів мікроорганізмів, які населяють організм людини. Водночас це бактеріальне співтовариство, маса якого може сягати 1,4 кг, є настільки важливим для загального стану здоров'я людини, що його іноді називають «забутим органом».

Захист природної мікрофлори набуває все більшої актуальності у зв'язку із широким використанням антибіотиків, які без винятку знищують як шкідливі, так і корисні бактерії. Бездумне зловживання антибіотиками порушує тонку бактеріальну рівновагу травного тракту, стимулюючи розвиток шкідливих мікроорганізмів, наприклад, дріжджів, а також сприяючи появі мутантних мікробів. Інші чинники, що порушують бактеріальний баланс, — це нераціональне харчування, стреси, хімічні забруднення навколишнього середовища. Наприклад, хлор і фтор, якими знезаражують воду, знищують найбільш корисні бактерії.

Наукова назва корисних бактерій — пробіотики. Сприяючи травленню і здоров'ю кишечника, ці мікроорганізми підтримують імунну систему організму, синтезують певні нутрієнти, наприклад фолієву кислоту, біотин, вітамін К. Пробиотики допомагають також подолати непереносимість лактози.

На сьогодні відомо багато різновидів дружньої людині мікрофлори. Серед них найбільш популярними є *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*

та біфідобактерії. Їх досліджено більш детально, ніж інших представників цього класу, і за отриманими результатами вони найбільш сприятливо впливають на організм людини.

Так, ацидофілус гальмує ріст дріжджового мікроорганізму *Candida albicans*, кишкової палички та інших шкідливих бактерій. Ацидофілус, допомагаючи організму виробляти інтерферон, посилює його імунні функції.

За результатами численних досліджень встановлено, що *Lactobacillus bulgaricus* (болгарська паличка) стимулює імунну систему ще сильніше. Тому цей пробіотик використовують як допоміжний засіб при лікуванні ряду різновидів раку, оскільки він гальмує або зупиняє ріст пухлин і запобігає метастазуванню.

Щодо біфідобактерій, то їх називають найбільш спорідненою до організму людини мікрофлорою, і до того ж вона найбільш численна. Вони сприяють зниженню рівня «шкідливого» холестерину, запобігають харчовим отруєнням, перетравлюють лактозу і синтезують вітаміни групи В.

Містяться в основному в товстому кишечнику, цей пробіотик знижує вміст у крові амонію, токсичного для організму, який постійно виводиться у вигляді сечовини, а також інших шкідливих сполук. Туристам рекомендовано перед поїздкою в інші країни взяти з собою добавки біфідобактерій, що забезпечить організму максимальний захист від різноманітних незвичних або нових бактерій.

Отож, сфера позитивного впливу пробіотиків на організм дуже широка. Вона навіть виходить за межі характеристики захисних сполук 3-ї групи (протидія шкідливим мікроорганізмам та посилення імунної системи), про що свідчать накопичені на сьогодні наукові дані.

Так, з'ясовано, що шкідливі мікроорганізми викликають або посилюють артрит — хворобу, пов'язану із запаленням та руйнуванням суглобів, а їх в організмі людини аж 143. Корисні бактерії відіграють кардинально важливу роль у лікуванні артриту, а також його профілактиці. Тому людям старших вікових категорій, у яких здатність до захворювань суглобів особливо виражена, необхідно постійно мати в раціонах харчування пробіотики. До речі, недавно на вітчизняному ринку з'явився препарат для лікування захворювань суглобів «Біфлекс», до складу якого вперше введено пробіотики — лактобактерії (у вигляді ліофільно висушеної біомаси) *L. rhamnocus* LB 5 · 10⁹ та *L. murinus* LNS 2,5 · 10⁸.

Пробіотики здатні захищати також клітини головного мозку від шкідливих бактерій, які, знаходячись у кишечнику, виробляють величезні кількості токсинів. Ці токсини знищують нервові та інші клітини головного мозку, що призводить до розвитку хвороб Альцгеймера та Паркінсона. Добавки пробіотиків до харчових раціонів зменшують накопичення метаболічних отрут в організмі і сприяють їх виведенню.

Ще одна важлива сфера життєдіяльності пробіотиків — участь у процесах вільнорадикального окислення. Уже неодноразово згадували про те, що нутрієнти (вітаміни А, С, Е та інші) нейтралізують дію нестабільних вільних радикалів, які, власне, є основною причиною всіх нинішніх хвороб людства.

І безумовним є факт, що більш ефективним способом протидії вільнорадикальним процесам є не боротьба з вільними радикалами, а запобігання їх утворенню. Оскільки найбільша кількість вільних радикалів утворюється в товстому кишечнику в результаті діяльності шкідливих бактерій, то корисна мікрофлора, пригнічуючи їх розмноження, сприяє зміцненню антиоксидантних систем організму.

Відповідно до наведеної вище класифікації, 4-а група захисних нутрієнтів поєднує сполуки, що виявляють антиканцерогенний (антираковий) ефект.

Епідемія онкологічних хвороб, що охопила весь цивілізований світ, продовжує неконтрольовано зростати. Боротись з нею потрібно поєднанням різних сучасних методів — уникати харчових продуктів, оброблених пестицидами та іншими отрутохімікатами; очищувати довкілля від забруднень; проводити профілактичні медичні обстеження; вживати спеціальні харчові продукти, компоненти яких виявляють антиканцерогенний ефект.

Так, ретинол (вітамін А) і його похідні — ретиналь і ретиноева кислота — в останні роки застосовують як канцеростатичний засіб при деяких формах злоякісних новоутворень у порожнині рота та шлунково-кишковому тракті, оскільки ці сполуки стимулюють відновлення епітеліальної тканини. Жиророзчинні вітаміни, аскорбінова кислота та сірковмісні амінокислоти запобігають утворенню в організмі надзвичайно сильних канцерогенів — нітрозамінів, які утворюються з нітратів та нітритів, широко використовуваних як штучні харчові добавки у виробництві ряду продуктів.

До найважливіших нутрієнтів, здатних запобігти виникненню і розвитку багатьох видів раку, керівник Американського центру комплементарної медицини доктор Роберт Аткинс відносить такі сполуки: селен, натуральний β-каротин, вітамін Е, ліпоеву кислоту, аскорбінову кислоту, фолієву кислоту, цинк, ацетилцистеїн, кофермент Q₁₀, кверцетин та інші біофлавоноїди, магній, гриби (рейші, шіїтаке, мантаке), пробіотики, хлорелу, сквален [17].

Кожна з цих сполук варта окремої характеристики. Та загальним є те, що більшість із них стимулюють синтез білих кров'яних тілець — протипухлинних компонентів імунної системи — і підтримують загальну активність нейтрофілів, Т-лімфоцитів і природних протипухлинних клітин організму.

До переліку сполук, зазначених доктором Р. Аткинсом, необхідно додати харчову клітковину. Це та частина рослинної їжі, яка не перетравлюється в організмі та не засвоюється ним. За цими ознаками клітковину довгий час відносили до баластних, тобто непотрібних речовин. І лише дослідження, здійснені у 80-х роках минулого століття академіком О. Угольєвим і розвинуті його послідовниками, переконливо довели необхідність харчової клітковини для нормального функціонування організму людини. Сьогодні, відповідно до рекомендацій ВООЗ, харчовий раціон має обов'язково містити 25—40 г харчових волокон (клітковина та пектинові речовини). Адже високовуглеводна дієта, яка містить рафіновані продукти з низьким вмістом клітковини, істотно підвищує ризик раку кишечника, молочних залоз тощо, сприяє розвитку діабету, гіпертонії та інших «хвороб цивілізації».

Клітковина вівсяних, пшеничних, ячмінних, кукурудзяних, лляних висівок, шкірки фруктів, коренеплодів, потрапляючи в шлунок, набухає й адсорбує токсичні сполуки, які циркулюють у крові, надлишок холестерину, аміаку, жовчних пігментів, очищаючи організм і знижуючи продукування бактеріальних токсинів. Клітковина сприяє більш повному засвоєнню їжі і нормалізує мікрофлору кишечника. Поєднання всіх цих ефектів є доступним, дешевим і надійним захистом організму від сполук канцерогенної дії.

Для короткої характеристики сполук радіопротекторної дії (5-а група захисних сполук) наводимо експериментальні дані, отримані фахівцями лабораторії профілактики внутрішнього опромінення Інституту клінічної радіології НАН України, які провели широкий спектр досліджень із впливу отриманих нами кріопорошків яблук, буряків, смородини, моркви, топінамбуру, амаранту, цедри цитрусових тощо на основні біохімічні показники функціонування організму лабораторних тварин на фоні тривалого надходження в організм радіонуклідів стронцію та цезію, важких металів та пестицидів у заданій концентрації [18]. Аналіз отриманих даних показав, що використання всіх сублимованих порошків посилює елімінацію радіонуклідів: за 30 діб у тварин контрольної групи виводиться близько 60% цезію і 90% стронцію при використанні, наприклад, сублимованого порошку цедри цитрусових. Підвищена кількість декорпорованого цезію приводить до зменшення його вмісту в органах щурів на 50%. Отже, рослинні матеріали, багаті на мінеральні елементи та пектинові речовини, є досить ефективним засобом для запобігання накопиченню радіонуклідів у живому організмі і прискорення їх виведення.

Висновки

Сьогодні на порядку денному постала об'єктивна реальність: власне здоров'я — власна турбота кожного. І це гасло видається не лише реалістичним: воно орієнтує людину не на очікування чиєїсь турботи про її здоров'я, а спонукає до самостійних дій для його зміцнення. Наведені у статті приклади і рекомендації щодо ефективності багатьох нутрієнтів у захисті клітин, тканин, органів та систем організму людини надають можливість простим і досить дешевим способом убезпечитися від несприятливих чинників довкілля, в тому числі техногенних і антропогенних.

Література

1. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. Москва: Наука, 1997. 339 с.
2. Заварзин Т. А. Эволюция геосферной — биосферной системы. *Природа*. 2003. № 1. С. 27—35.
3. Марков А. В. Эволюционный прогресс. *Экология и жизнь*. 2009. № 2. С. 44—51.
4. Агаджанян Н. А. Экология человека. Москва: Крук, 2004. 256 с.
5. Виноградский С. Н. Круговорот жизни. *Вестник РАН*. 1996. Т. 66, № 12. С. 1115—1120.
6. Шепард Г. Нейробиология / пер. с англ. Москва: Мир, 2007. 235 с.
7. Самуилов В. Д., Олескин А. В. Программируемая клеточная смерть. *Биохимия*. 2009. Т. 65. С. 1029—1046.

8. Меерсон Ф. З., Пшенникова М. Г. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. Москва: Медицина, 1999. 256 с.
9. Гольдманский В. И. Спонтанное нарушение зеркальной симметрии в природе и происхождение жизни. *Успехи физической науки*. 2009. Т. 137, № 1. С. 1—30.
10. Ганонг В. Ф. Фізіологія людини / пер. з англ. Львів: БаК, 2002. 755 с.
11. Павлоцька Л. Ф., Дуденко Н. В., Левітін Є. Я. Фізіологія харчування: підручник. Суми: Університетська книга, 2011. 473 с.
12. Simakhina G., Naumenko N. Sublimed Plant Biologically Active Additives with Radioprotecting Action. *Научни трудове. Том LX. Travaux Scientifiques. Vol. LX*. Plovdiv, 2013. P. 794—798.
13. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Фізіологія людини: курс лекцій. Київ: НУХТ, 2019. 162 с. URL: library.nuft.edu.ua. (реєстраційний номер 63.52-16.10.2019).
14. Иванова В. Д., Сімахіна Г. О. Технологія природних вітамінів: навч. посібник. Київ: НУХТ, 2015. 343 с.
15. Сімахіна Г. О., Стеценко Н. О., Науменко Н. В. Біологічно активні речовини в харчових технологіях: підручник. Київ: НУХТ, 2016. 455 с.
16. Филимонов В. И. Клиническая физиология: учебник. Киев: Медицина, 2015. 432 с.
17. Аткинс Р. Биодобавки доктора Аткинса / пер. с англ. А. П. Киселева. Москва: «РИПОЛ КЛАССИК», 1999. 480 с.
18. Українець А. І., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Перспективні технологічні процеси виробництва нових продуктів та дієтичних добавок: підручник. Київ: НУХТ, 2018. 335 с.

PROSPECTS OF USE OF FRUIT-BERRY RAW MATERIALS IN THE TECHNOLOGY OF MEAT NATURAL SEMI-FILLED PRODUCTS

O. Shtonda

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

V. Pasichnyi

National University of Food Technologies

Key words:

Meat products

Berry raw materials

Natural antioxidants

Phenolic compounds

Organic acids

Article history:

Received 09.10.2019

Received in revised form

21.10.2019

Accepted 15.11.2019

Corresponding author:

O. Shtonda

E-mail:

oasht@ukr.net

ABSTRACT

The peculiarities of the biochemical composition and properties of meat raw materials make it necessary to search for new technologies for their processing in order to obtain new products with high consumer properties. High quality and safe products are the key to any business success. It is now becoming promising to use in the technology of meat products of berries and fruit.

The high content of biologically active substances in fruit and berry raw materials allows them to be used as natural antioxidants in the production of meat products. The conducted researches will allow to improve the qualitative indicators and organoleptic characteristics of new types of meat products made with the use of berries and fruit. It was established that the berry raw material in the meat system exhibits an antioxidant property, which prolongs the shelf life of the products. Therefore, when choosing promising antioxidants, special attention was paid to such berries, which in their composition contain a large amount of phenolic compounds, especially flavonoids, which have the strongest antioxidant activity, and organic acids.

The results of analytical studies of the chemical composition of berries and fruit, which in the future can be used as raw material for marinades in the production of meat marinated semi-finished products.

The task of creating new products requires new approaches and techniques. The use of natural herbal components with antioxidant effect allows to obtain a product without preservatives and stabilizers. And the antioxidant action of natural plant components is explained by the presence of different groups of biologically active substances.

In this regard, this vegetable raw material can be used in the composition of meat products. The introduction of active components of fruit and berry raw materials in the formulations of meat systems will increase their shelf life and adjust their organoleptic characteristics.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-6-25

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ФРУКТОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ У ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ НАТУРАЛЬНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

О. А. Штонда

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. М. Пасічний

Національний університет харчових технологій

Особливості біохімічного складу та властивостей м'ясної сировини обумовлюють необхідність пошуку нових технологій її переробки з метою отримання нових продуктів із високими споживчими властивостями. Високоякісна та безпечна продукція — це запорука успіху будь-якого підприємства. На сьогодні стає перспективним використання в технології м'ясних продуктів ягід і фруктів.

Зважаючи на високий вміст біологічно-активних речовин у фруктово-ягідній сировині, їх можна використовувати як природні антиоксиданти при виробництві м'ясних продуктів. Проведені дослідження дають змогу покращити якісні показники й органолептичні характеристики нових видів м'ясних продуктів, виготовлених із використанням ягід і фруктів. Встановлено, що ягідно-фруктова сировина у м'ясній системі проявляє антиоксидантну властивість, що пролонгує терміни придатності продуктів. Тому при виборі перспективних антиоксидантів особлива увага приділялася таким ягодам, які в своєму складі в значній кількості містять фенольні сполуки, передусім флавоноїди, які володіють найбільш сильною антиокислювальною дією, та органічні кислоти.

У статті представлено результати аналітичних досліджень хімічного складу ягід і фруктів, які в перспективі можуть бути використані як сировина для маринадів при виробництві м'ясних маринованих напівфабрикатів.

Завдання створення нових продуктів потребує нових підходів і прийомів технологій. Використання натуральних рослинних компонентів з антиокислювальним ефектом дасть змогу отримати продукт без консервантів і стабілізаторів. А антиокислювальна дія натуральних рослинних компонентів пояснюється наявністю різних груп біологічно-активних речовин.

У зв'язку з цим рослинна сировина може бути використана у складі м'ясних продуктів. Внесення активних компонентів фруктово-ягідної сировини до складу рецептур м'ясних систем дасть змогу збільшити термін їх придатності та відкоригувати органолептичні показники.

Ключові слова: м'ясні продукти, ягідно-фруктова сировина, природні антиоксиданти, фенольні сполуки, органічні кислоти.

Постановка проблеми. Правильне харчування є запорукою довголіття, міцного здоров'я і гарного настрою. Їжа, яку ми вживаємо, повинна бути збалансованою, тобто містити достатню кількість калорій, білків, жирів і вугле-

водів, а також вітамінів і мінеральних речовин, щоб забезпечувати наш організм енергією і необхідним матеріалом для будівництва та поновлення тканин і клітин.

Особливе місце серед рослинної сировини, яка містить значну кількість БАР, займають ягоди та фрукти — натуральні вітаміноносії, для яких характерні різні лікувально-профілактичні й антиоксидантні властивості [1; 2].

Забезпечення організму людини біологічно-активними речовинами обмежене співвідношенням у раціоні енергетичних і біологічно-активних компонентів. На сьогодні найбільш поширеним шляхом вирішення технологічних завдань м'ясопереробної промисловості є застосування різноманітних комбінацій м'ясної та рослинної сировини, що надають можливість цілеспрямовано регулювати функціональні характеристики м'ясних систем.

Мета статті: аналітичне дослідження хімічного складу ягід і фруктів для подальшого використання їх у складі маринадів для м'ясних напівфабрикатів.

Викладення основних результатів досліджень. Фрукти, овочі та ягоди — це основне і практично єдине джерело таких біологічно активних речовин, як каротиноїди, фенольні сполуки (у т. ч. антоціани, флавоноли, бетанін), L-аскорбінова кислота. Ці речовини мають імуномодельючі, радіопротекторні, антиоксидантні властивості і надають колір сировині та продуктам її переробки. Біологічно-активні речовини (БАР) плодів відносять до розряду незамінних, які повинні регулярно надходити до організму людини з продуктами харчування незалежно від сезону.

У розвинутих країнах ліквідацію дефіциту біологічно-активних речовин вирішують шляхом додавання біологічно активних добавок (БАД) до їжі.

Враховуючи високий вміст таких БАР, як вуглеводи, органічні кислоти, вітаміни і фенольні сполуки в досліджуваних плодах і ягодах та з метою конкретизації напрямів їх подальшого використання було прийнято рішення дослідити можливість використання цієї сировини у складі маринадів для натуральних м'ясних напівфабрикатів.

Раніше авторами статті було визначено технологічні параметри отримання основи маринадів і подальшої її обробки, поєднання із рецептурними компонентами. Як рецептурні компоненти маринаду використовували плоди аличі, сливи, кизилу та ягоди чорної смородини і журавлини.

Алича — *Prunus cerasifera* Ehrh. (родина розоцвітих — Linsacoae Juss). Плоди аличі поєднують високі показники смаку та вмісту біологічно-активних речовин. З цього погляду найбільший інтерес становить алича великоплідна (*Prunus cerasifera* subsp. *Macrocarpa*) з її різновидами — аличею типовою, червонолистою та гібридною, плоди яких містять вуглеводи, органічні кислоти, вітаміни, каротиноїди, фенольні та мінеральні речовини [3].

Слива — це природний гібрид терну й аличі з рожевими, бурштиновими і темно-синіми плодами. Хімічний склад цього плоду дуже багатий, оскільки містить багато цукру, каротину, вітамінів (С, Е, В, РР), калію і органічних кислот (лимонної, хінної, щавлевої, яблучної, бурштинової), пектинових речовин; флавоноїди: флавоноли (кверцетин, ізокверцитрин), антоціани і лейкоантоціани; дубильні речовини; ядра кісточок містять жирну олію — до 42%,

яка в медицині використовується під назвою «персикова олія» — *Oleum Persicorum* [4].

Кизил. Хімічний склад плодів кизилу дуже різноманітний: легкозасвоювані цукри — глюкоза та фруктоза; органічні кислоти — яблучна, саліцилова, галова, винна; мінеральні речовини, серед яких калій, сірка, кальцій, фосфор, що сприяють зниженню лужності крові [5].

Плоди кизилу — джерело дефіцитних біологічно-активних речовин, серед яких аскорбінова кислота та Р-активні сполуки (антоціани, катехіни, флавоноли), що відзначаються гіпотензивною та зміцнюючою дією. Поліфенольні сполуки кизилу представлені катехінами, лейкоантоціанами, флавонолами та антоціанами. Кількість катехінів в плодах кизилу — 282–370 мг/100 г; лейкоантоціанів — 112–212 мг/100 г; флавонолів — 50–112 мг/100 г [5; 6]. З усіх досліджуваних поліфенолів у плодах кизилу найбільш високу Р-вітамінну активність виявляють катехіни. Антоціани є показником харчової цінності плодів. Плоди кизилу мають яскраве забарвлення шкірочки та м'якуша і містять велику кількість антоціанових пігментів — активних метаболітів рослин, що захищають їх від понижених температур, підвищеної радіації, а також біологічно активних харчових барвників, які використовують у харчовій промисловості та медицині. Вміст каротину в достиглих плодах кизилу — 0,1–0,5 мг/100 г. Вітамін А у взаємодії з аскорбіновою кислотою сприяє зниженню холестерину в крові [7].

Журавлина. Основними діючими речовинами є органічні кислоти. У плодах містяться вуглеводи: глюкоза (1,48–9,7%), фруктоза (1–9,9%), сахароза (0,27–2,8%), сорбіт (2,1–2,3%), пектинові речовини, органічні: бензойна, лимонна, яблучна, хінна; вітаміни: аскорбінова кислота, рибофлавін, каротин; катехіни; дубильні речовини (0,1–4,9%), флавоноїди: кверцетин, рутин, гесперидин; антоціани; макро- та мікроелементи: I, Cu, Mn, Mo, Fe. У насінні міститься жирна олія (16–28,12%), в її гідролізаті знайдені кислоти: пальмітинова (5%), стеаринова (1,5%), олеїнова (21%), лінолева (36%), ліноленова (36%) [8; 9].

Чорна смородина. Ягоди містять цукри; лимонну, яблучну, бурштинову кислоти; пектинові, азотисті, дубильні й фарбувальні речовини, поліфенольні сполуки [9; 14]. За вмістом вітаміну С чорна смородина займає одне з провідних місць (близько 400 мг %), причому при відповідній переробці плодів вміст його майже не зменшується. Крім того, в ягодах містяться вітаміни А і Р. Як важливе джерело вітаміну С ягоди чорної смородина використовують для одержання різноманітних концентратів, препаратів вітаміну С й одночасно для збагачення аскорбіновою кислотою багатьох харчових продуктів.

Ягоди чорної смородини володіють специфічним пряним ароматом і кисло-солодким смаком. Основною перевагою плодів є низький вміст ферментів, що руйнують аскорбінову кислоту, тому вони є цінним джерелом вітамінів. Аскорбінова кислота зберігається і в замороженій ягоді.

Серед біологічно-активних речовин рослин важливу роль відіграють поліфеноли та органічні кислоти. Рослинні феноли представляють велику групу речовин, віднесених до «вторинних метаболітів», роль яких у рослинах зумов-

лена їхніми антиоксидантними властивостями. Фенольні сполуки функціонують у рослинах також як антимікробні, протипухлинні й антивірусні агенти, володіючи антимікробною активністю [1; 2; 10; 14].

Таблиця. Хімічний склад ягідно-фруктової сировини, г/100 г сировини

Показник	Алича	Слива	Кизил	Журавлина	Чорна смородина
Вода, г	до 89	до 86	до 80	до 89	до 82
Вуглеводи	6,9	6—17	5,11—20,85	0,27—9,9	6—11
Пектинові речовини	0,65	0,9	0,63—1,44	0,22—1,48	0,43—2,5
Органічні кислоти	2,4	до 1,3	1,5—4,2	2—3,84	1,5—3,6

Фенольні речовини є важливими складовими частинами насіннячкових і кісточкових плодів: винограду, цитрусових, смородини, вишень, слив, яблук, малини, ожини, суниці, персиків тощо. Це біологічно активні речовини, антиоксиданти, що запобігають негативним змінам у молекулах ДНК і росту пухлин, знижують дію на організм різних канцерогенних факторів. Так, наприклад, вони блокують утворення канцерогенних нітрозамінів і нітрозамідів з амідів, амінів і нітритів, що виникають у шлунково-кишковому тракті з нітратів їжі [12; 13].

Останнім часом проводяться дослідження можливості застосування фруктів та їх компонентів як природних антиоксидантів [14]. Так, журавлина характеризується високим вмістом фенольних сполук (158,8 μ моль/г сухої речовини), здатних гальмувати окислення ліпідів [9].

У м'ясних продуктах антиоксиданти виконують ряд функцій, включаючи антиокислювальну, антимікробну, а також консервуючу в процесі технологічної обробки та зберігання.

Формування якості продукту здійснюється на всіх етапах технологічного процесу його виробництва. При цьому багато технологічних показників, що забезпечують створення високоякісного продукту, залежать від активної кислотності (pH) харчової системи.

У більшості рослинних об'єктів виявлені нелеткі моно- та трикарбонові кислоти, насичені та ненасичені, зокрема гідрокси- та оксикислоти. Разом із цукрами й ароматичними сполуками вони формують смак та аромат плодів і, отже, продуктів їх переробки [2—9; 11].

Харчові кислоти у складі продовольчої сировини та продуктів виконують різні функції, пов'язані з якістю харчових об'єктів. Якість харчового продукту є інтегральною величиною, що містить, крім органолептичних властивостей (смаку, кольору, аромату), показники, які характеризують його колідну, хімічну та мікробіологічну стабільність.

Додавання органічних кислот у маринад у складі ягід та фруктів або в чистому вигляді сприяє регулюванню pH системи.

Узагальнено можна виділити основні завдання, що вирішуються при додаванні органічних кислот у харчову систему:

- надання певних органолептичних властивостей (смаку, кольору, аромату);

- вплив на колоїдні властивості, що обумовлюють формування консистенції;
- активність ферментів;
- умови зростання корисної мікрофлори та її вплив на процеси дозрівання;
- підвищення стабільності, що забезпечує збереження якості продукту протягом певного часу.

Одним із завдань технології отримання продукту є максимальне збереження цінних компонентів сировини та неприпустимість їх перетворень шляхом підбору технологічних параметрів обробки сировини.

Висновки

Отже, сучасний рівень розвитку харчових технологій для досягнення ефективних результатів передбачає комплексний міжгалузевий підхід, тому розробка м'ясних продуктів нового покоління потребує поєднання знань у галузі харчової хімії та біотехнології. Цілеспрямоване використання ягід і фруктів та продуктів їх переробки у виробництві м'ясних продуктів відкриває широкі можливості для цільового комбінування даної сировини з м'ясними системами.

Незважаючи на потужну захисну ендогенну систему організму людини, для підтримки адекватного антиокислювального статусу в концентрації вільних радикалів на низькому рівні необхідне щоденне вживання їжі, збагаченої антиоксидантами. Багаті фенолами фрукти та ягоди є прикладом природних джерел антиоксидантів і можуть, в поєднанні з білковмісними продуктами тваринного походження, підвищувати якість харчового раціону.

Література

1. Технологія продуктів харчування функціонального призначення: Монографія / М. І. Пересічний, М. Ф. Кравченко, Д. В. Федорова, О. В. Кандалей, С. М. Пересічна, О. В. Шевченко, А. Б. Собко / За ред. М. І. Пересічного. К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2008. 718 с.
2. Пасічний В. М. & Желуденко Ю. В. (2014). Перспектива натуральних антиоксидантів для використання в м'ясопереробній галузі. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 2 (20), 264—277.
3. Гребеннікова Оксана Анатоліївна. Біологічно активні речовини у плодах, листі та продуктах переробки перспективних сортів аличі. 03.00.04 — біохімія: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук. Одеса. 2011. 22 с.
4. Лукієнко О. В., Соколова А. Є., Горбань О. М. Аналіз вітчизняного фармацевтичного ринку препаратів на основі сливи. Київ. *Фітотерапія*. Часопис. 2012. № 1. С. 86—89.
5. Клименко С. В. Культура кизила в Украине. Полтава: «Верстка», 2000. 80 с.
6. Кручек А. І., Федоренко В. С. Кизил – цінна кісточкова культура. *Садівництво, виноградарство і вино України*. 2005. № 12. С. 121—122.
7. Осипова І. Ю., Клименко С. В. Біологічно активні речовини нетрадиційних плодово-ягідних рослин. Матеріали міжнародної наукової конференції «*Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень*». Березоточа. 2006. С. 317—322.
8. Товароведение и переработка лекарственно-технического растительного сырья в БАД: Учебное пособие / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, В. В. Яницкий, Сати Ясин Ахмед Аль Далаин; Харьк. гос. ун-т питания и торговли; Госуд. департамент продовольствия Минагропром України. Харьков; Киев, 2003. 306 с

9. Штонда О. А., Яйченя Н. Л. Підвищення харчової цінності напівкопчених ковбас з використанням ягід журавлини. Научный взгляд в будущее. Выпуск 11. Том 1. Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018. С. 85—88.

10. Ukrainets A., Pasichniy V., Zheludenko Y., & Zadkova S. Oleoresins effect on cooked poultry sausages microbiological stability. *Ukrainian food journal*, (2016). V. 5, Issue 1, P. 124—135.

11. Сущук Н. А., Кисличенко В. С., Кузнєцова В. Ю., Дьяконова Я. В. Вивчення поліфенольних сполук листя та вичавок плодів смородини чорної. *Укр. журн. клініч. та лаб. медицини*: Всеукраїнський науково-медичний журнал. Луганськ: Вид-во ЛДМУ, 2011. Т. 6, № 3. С. 124—126.

12. Нужна Т. В., Іщенко А. В., Нафонець О. Л. Пошуки нових джерел біоактивних речовин для підвищення вітамінного складу продуктів харчування / Матеріали міжвузівської науковопрактичної конференції «Проблеми техніки і технології харчових виробництв». Полтава: РВВ ПУСКУ, 2004. С. 259—260.

13. Павлоцька Г. П., Дуденко Н. В., Димитрієвич Л. Р. [та ін.]. Біологічна хімія. Суми: Університетська книга, 2009. С. 190—195.

14. Antioxidant plant extracts in the meat processing industry. A.I. Ukrainets, V.M. Pasichniy, Y.V. Zheludenko — *Biotechnologia Acta* V9, № 2, 2016. С. 19—27. doi: 10.15407/biotech9.02.019.

УДК 635.655/637.344.8

TECHNOLOGY OF SOY-MILK COMBINED PRODUCT FOR SPECIAL PURPOSE WITH MILK WHEY PROTEIN HYDROLYSATE

V. Yukalo, K. Datsyshyn

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

Key words:

*Milk protein allergy
Biologically active
Peptides
Whey protein hydrolysate*

Article history:

Received 02.10.2019
Received in revised form
16.10.2019
Accepted 15.11.2019

Corresponding author:

V. Yukalo

E-mail:

biotech@tu.edu.te.ua

ABSTRACT

Cow's milk protein allergy is a problem that affects adults and children around the world and is a major cause of restriction or refusal to consume from dairy products. Cow's milk contains more than 20 proteins (allergens) that can cause allergic reactions. The problem of milk proteins allergy can be solved by the way of hydrolysis of milk proteins to hypoallergenic low molecular weight peptides. Another way may be the complete replacement of milk proteins with other dietary proteins. In both cases, especially in the second one, many biologically active peptides that have positive effect on the organism are lost. A valuable source of such biologically active peptides is whey protein-precursors. Therefore, the purpose of the work was to develop the technology of soy-milk combined product for special purpose with using the whey protein hydrolysate. Whey protein concentrate was used as a substrate for the production of whey protein hydrolysate. Proteolysis was performed by pancreatin in the conditions of biologically active peptides maximum yield. The degree of hydrolysis was determined as the ratio of proteolysis products soluble of 5% trichloroacetic acid to all whey protein concentrate proteins. The known technology of cheese product from soy bean, which includes acid coagulation of a soy isolate solution at a temperature of 92—95°C, was taken as the basis. We propose to enrich this product with milk whey protein hydrolysate. Hydrolysate was added in an amount corresponding to mass ratio of whey proteins among milk proteins.

Organoleptic and physico-chemical parameters, as well as the content of low molecular weight peptides were determined in the obtained product. It was established that the obtained product is characterized by good organoleptic, and physico-chemical characteristics, which are typical for such products. The results of the gel filtration show an increase of low molecular weight peptide fraction ($M \leq 1500$ Da) from 5% to 19% in the proposed product. Known natural biologically active peptides from whey proteins are characterized by such molecular masses. Taking into account the composition, results of organoleptic and physico-chemical analysis, the proposed combined soy-milk product may be recommended for the special nutrition of persons with milk proteins allergy.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-6-26

ТЕХНОЛОГІЯ СОЄВО-МОЛОЧНОГО КОМБІНОВАНОГО ПРОДУКТУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ГІДРОЛІЗАТОМ БІЛКІВ СИРОВАТКИ МОЛОКА

В. Г. Юкало, К. Є. Дацишин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Алергія на білки коров'ячого молока вражає дорослих і дітей в усьому світі і є основною причиною обмеження або відмови від вживання молочних продуктів. Коров'яче молоко містить більше 20 білків (алергенів), які можуть викликати алергічні реакції. Вирішити проблему алергії на білки молока можна шляхом гідролізу білків молока до низькоалергенних пептидів з малою молекулярною масою. Ще одним шляхом може бути повна заміна білків молока на інші харчові білки. В обох випадках, особливо у другому, втрачаються численні біологічно активні пептиди, які позитивно впливають на організм. Цінним джерелом таких біологічно активних пептидів є білки-попередники із сироватки молока.

У статті розроблено технологію соєво-молочного комбінованого продукту спеціального призначення з використанням гідролізату білків сироватки молока. Як субстрат для отримання гідролізату білків сироватки молока використано концентрат сироваткових білків. Протеоліз проведено панкреатином в умовах максимального виходу біологічно активних пептидів. Ступінь гідролізу визначено як співвідношення продуктів протеолізу, розчинних у 5% трихлороцтовій кислоті, до всіх протеїнів концентрату сироваткових білків. За основу взято відому технологію сирного продукту із сої, яка включає кислотну коагуляцію розчину соєвого ізоляту при температурі 92—95°C. У запропонованій технології передбачається збагачення отриманого продукту гідролізатом білків сироватки молока. Гідролізат білків сироватки молока вносили у кількості, що відповідає їх масовій частці серед білків молока.

В отриманому комбінованому соєво-молочному продукті визначено органолептичні та фізико-хімічні показники, а також вміст низькомолекулярних пептидів. Встановлено, що готовий продукт характеризується хорошими органолептичними, а також фізико-хімічними показниками, характерними для такого типу продуктів. Результати проведеної гель-фільтрації показують підвищення в отриманому продукті низькомолекулярної пептидної фракції ($M \leq 1500$ Да) із 5% до 19%. Саме такими молекулярними масами характеризується більшість природних біологічно активних пептидів з білків сироватки молока. Враховуючи склад, результати органолептичного та фізико-хімічного аналізу, запропонований комбінований соєво-молочний продукт може бути рекомендованим для спеціального харчування осіб з алергією на білки молока.

Ключові слова: алергія на білки молока, біологічно активні пептиди, гідролізат сироваткових білків.

Постановка проблеми. В усьому світі сьогодні спостерігається тенденція до росту кількості алергічних захворювань. За даними епідеміологічних досліджень близько 30% населення планети мають різні алергічні реакції і їхня частота постійно зростає. Гіперчутливість до білків коров'ячого молока є однією з основних харчових алергій і вражає в основному дітей. Також вона може зберігатися і в зрілому віці [1]. Коров'яче молоко містить більше 20 білків (алергенів), які можуть викликати алергічні реакції [2]. Повна заміна білків молока на інші неалергенні або низькоалергенні харчові білки може вирішити цю проблему, проте відомо, що протеїни молока є не тільки повноцінним джерелом амінокислот, але й великої кількості (більше 200) біоактивних пептидів (БАП) [3]. Ці природні БАП позитивно впливають на функції організму людини, особливо вони важливі в дитячому віці. Тому актуальним є створення для людей, схильних до алергічних реакцій на білки молока, продуктів, у яких повністю або частково були б збережені природні БАП з молочних білків-попередників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення проблеми алергії на білки молока, зокрема α -лактальбумін та β -лактглобулін найчастіше включає гідроліз білків до низькоалергенних пептидів з малою молекулярною масою [4]. При цьому все-таки залишається певна кількість алергенних пептидів і поліпептидів. Інший шлях полягає у повній заміні протеїнів молока на інші харчові протеїни [5]. В обох випадках, особливо у другому, втрачаються численні БАП, які позитивно впливають на організм. Зокрема, цінним джерелом таких БАП є білки-попередники із сироватки молока [3]. З різних протеїнів сироватки молока можуть утворюватись антигіпертензивні пептиди, антагоністи опіатних рецепторів, регулятори моторики кишківника, імуномодуляторні та антимікробні пептиди. Досліджуються нові види біоактивних пептидів, які проявляють антиканцерогенну й антиоксидантну дію, знижують рівень холестеролу в крові, регулюють апетит, впливають на засвоєння кальцію [6]. До основних попередників БАП із сироватки молока відносяться β -лактглобулін (β -LG), α -лактальбумін (α -LA), а також, меншою мірою, альбумін сироватки (BSA) та лактоферин (LF). Більше 50% первинної структури β -LG та більше 40% у α -LA входить до складу різних видів БАП. З β -LG утворюється багато антигіпертензивних пептидів [3]. Ці пептиди називаються лактокініни і здатні гальмувати активність ангіотензин перетворювального ензиму. Відомо, що висока активність цього ензиму є причиною артеріальної гіпертензії і, відповідно, фактором ризику в розвитку серцево-судинних захворювань. Ряд антигіпертензивних пептидів утворюється з α -LA. Заслуговують на увагу також опіюїдні пептиди [7]. Вони отримали назву лакторфінів. Лакторфіни впливають на емоційний стан, проявляють анальгетичну дію, гальмують перистальтику кишечника. З α -LA в основному утворюються імуномодуляторні пептиди [8]. Вони здатні підвищувати імунітет клітин слизової шлунково-кишкового тракту та знижувати алергічні реакції. З LF утворюється багато антимікробних пептидів [9; 10]. Вони вибірково можуть пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів. Цінним є те, що молочнокислі бактерії стійкі до їх дії.

Всі ці природні БАП утворюються у фізіологічних умовах і за дії протеаз шлунково-кишкового тракту. В той же час при зниженні алергенності протеїнів сироватки молока використовують активні протеази з широкою специфічністю рослинного та мікробіологічного походження [11]. У цьому разі ймовірність утворення природних БАП суттєво знижується. Звичайно, при повній заміні білків молока їх утворення неможливе в принципі. Їх амінокислотні послідовності відсутні у первинній структурі білків-замінників. Враховуючи зазначене вище, перспективним для людей з алергією на білки молока може бути комбінований продукт, який містить повноцінні харчові білки (наприклад, білки сої) як джерело амінокислот і гідролізат білків сироватки молока, що включають широкий спектр природних БАП. Для цього гідролізати білків сироватки (ГБС) необхідно отримувати у фізіологічних умовах, які забезпечують максимальний вихід природних БАП.

Мета дослідження: розробка технології комбінованого соєво-молочного продукту спеціального призначення з використанням гідролізату білків сироватки молока.

Матеріали і методи. Як основу для виробництва продукту використовували сухий соєвий ізолят фірми «Sinoglory» (Китай). Для отримання гідролізату використано концентрат сироваткових білків (КСБ), вироблений на ТОВ «Бу-чацький сирзавод» (Україна) згідно з проектом ТУ У 15.5-00419880-XXX:2011 «Концентрат сироваткових білків (КСБ-УФ). Технічні умови» та ферментний препарат панкреатин виробництва ПрАТ «Технолог» (Україна). Фракційний склад протеїнів сироватки визначали експрес-методом, розробленим раніше [12]. Протеолітичну активність ферментного препарату визначали за методом В. Селеменєва [13]. Ступінь гідролізу визначали як співвідношення продуктів протеолізу розчинних у 5% трихлороцтовій кислоті до всіх протеїнів сироватки. Концентрацію протеїнів сироватки та продуктів їх протеолізу визначали за поглинанням при $\lambda=280$ нм на спектофотометрі СФ-46. При цьому використовували коефіцієнт абсорбції ($D_{1\text{см}}^{1\%}$) — 12,3 [14].

Масову частку білка визначали в готовому продукті відповідно до ГОСТ 26889, масову частку жиру — ДСТУ 4941:2008, масову частку вологи — ДСТУ 8552:2015. Активну кислотність визначали за ДСТУ 8550:2015. Вміст низькомолекулярних пептидів у готовому продукті визначали гель-фільтрацією на колонках з набору для рідинної хроматографії фірми «Reanal» (Угорщина). При цьому був використаний сефадекс G-50.

Результати і обговорення. Об'єктом нашого дослідження була технологія соєво-молочного комбінованого продукту спеціального призначення з гідролізатом білків сироватки молока. За основу взято технологію сирного продукту із сої, описану раніше [15]. Технологія передбачає коагуляцію розчину соєвого ізоляту сумішшю молочної, оцтової кислот і розчину хлориду натрію, взятих у співвідношенні 4:2:1. Коагуляцію проводили протягом 30—40 хв при температурі розчину 92—95°C. Після завершення коагуляції згусток охолоджують, відділяють сироватку та пакують. В технології, запропонованій авторами цієї статті, передбачається збагачення отриманого, як описано вище, соєвого продукту гідролізатом білків сироватки молока. Такий комбі-

нований соєво-молочний продукт буде містити гідролізат, отриманий в умовах, які забезпечують утворення природних БАП. Технологічна схема виготовлення комбінованого соєво-молочного продукту з ГБС показана на рисунку.

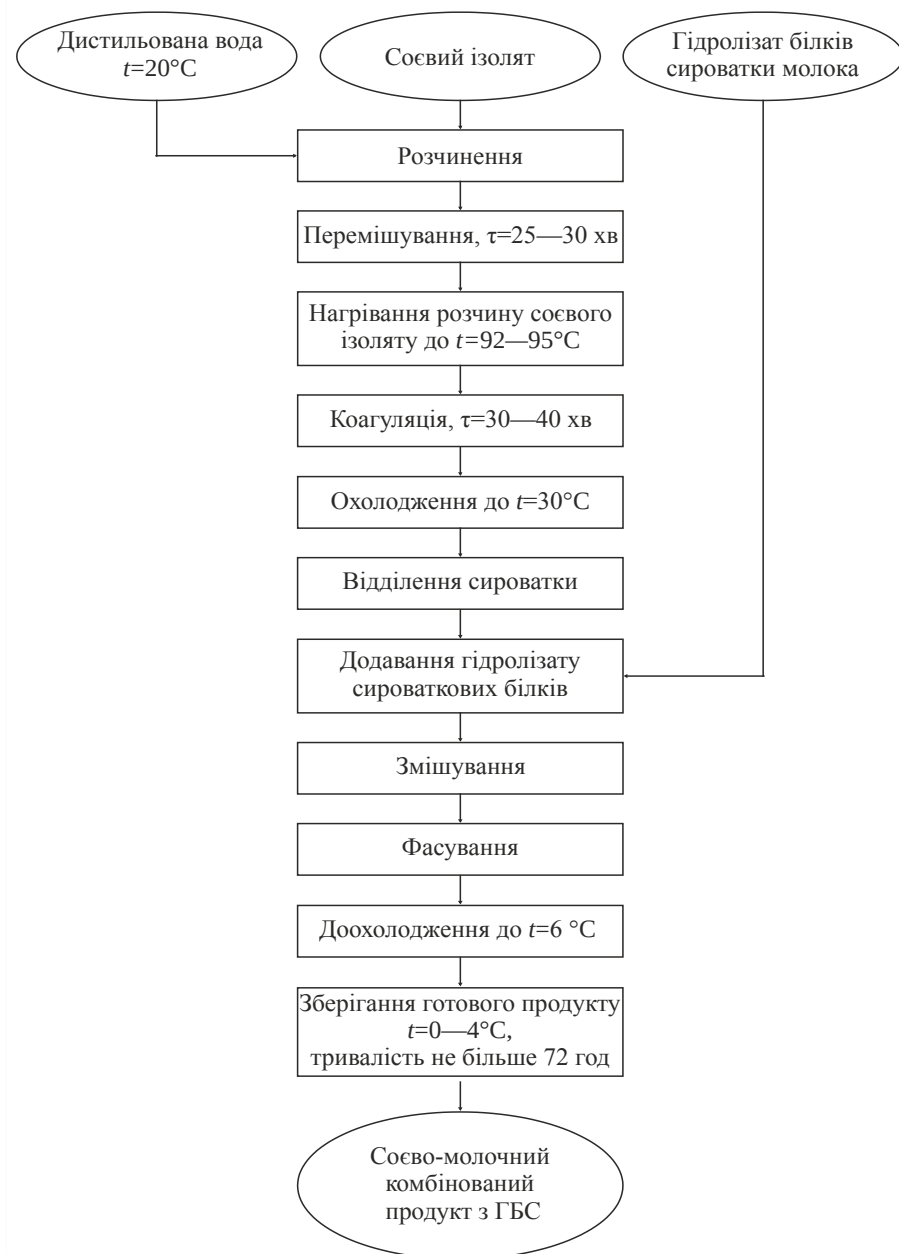


Рис. Технологічна схема отримання соєво-молочного комбінованого продукту з ГБС

Для отримання гідролізату проводили протеоліз 15% розчину КСБ панкреатином при співвідношенні ензим:субстрат — 1:20. Такі співвідношення використовуються при отриманні гідролізатів сироваткових білків [16]. Протеоліз проводили при температурі 37°C і значенні рН 7,9. Саме в таких умовах існує найбільша ймовірність утворення природних БАП [3; 14]. Протеоліз проводили протягом 120 хв. Отриманий гідролізат висушували з допомогою розпилювальної сушарки. Експрес-електрофорез гідролізату показав відсутність у ньому фракцій протеїнів сироватки. Сухий препарат ГБС вносили в охолоджений коагулят після відділення сироватки з подальшим перемішуванням. При розрахунку кількості гідролізату виходили із масової частки білків сироватки, яка становить в середньому 20% від усіх білків молока. Тобто у 100 г продукту додавали 2,3 г ГБС.

Отриманий продукт характеризували за органолептичними показниками. Результати дегустаційної оцінки узагальнені в табл. 1.

Таблиця 1. Органолептичні показники соєво-молочного комбінованого продукту з гідролізатом білків сироватки молока

Найменування показника	Характеристика
Зовнішній вигляд і консистенція	Зовнішній вигляд характерний для сирних продуктів, виготовлених із сої. Консистенція м'яка. Спостерігалось незначне виділення вологи
Смак і запах	Чистий, характерний для сирних продуктів, виготовлених із сої, з незначним альбумінним присмаком
Колір	Колір білий

Загалом, органолептичні показники готового продукту є характерними для білкових продуктів, виготовлених на основі соєвої сировини. Характерний для ГБС присмак не погіршує органолептичних показників готового продукту при внесенні у запропонованій кількості.

Також у комбінованому соєво-молочному продукті з ГБС були визначені фізико-хімічні показники (табл. 2). Для порівняння наведені показники контрольного зразку без внесення гідролізату білків сироватки молока.

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники соєво-молочного комбінованого продукту з гідролізатом білків сироватки молока

Найменування показника	Контрольний зразок	Дослідний зразок
Масова частка білка, %	9,3±0,3	11,3±0,3
Масова частка жиру, %	7,4±0,2	7,2±0,2
Масова частка вологи, %	79±1,5	77±1,5
рН	7,1±0,1	7,2±0,15

За рахунок внесення гідролізату можна відзначити збільшення масової частки білків у готовому продукті і незначне зменшення масової частки жиру та вологи. Загалом фізико-хімічні показники готового продукту відповідають вимогам нормативних документів для соєвих сирних продуктів.

Для визначення вмісту низькомолекулярних пептидів з контрольного соєвого продукту та запропонованого соєво-молочного комбінованого продукту з ГБС відбирали проби і проводили їх диспергування у воді у співвідношенні 1:9.

Після цього осаджували білки в 5% трихлороцтовій кислоті. Отримані зразки аналізували гель-фільтрацією на колонках з сефадексом G-50. У результаті проведеної гель-фільтрації з'ясовано, що кількість низькомолекулярної пептидної фракції ($M \leq 1500$ Да) збільшилась із 5% до 19%. Саме такими молекулярними масами характеризуються відомі природні БАП з білків сироватки молока [3; 6].

Враховуючи склад, результати органолептичного та фізико-хімічного аналізу, запропонований комбінований соєво-молочний продукт може бути рекомендованим для спеціального харчування осіб з алергією на білки молока.

Висновки

Запропоновано технологію соєво-молочного комбінованого продукту, який містить гідролізат білків сироватки молока, отриманий в умовах максимального виходу біологічно активних пептидів.

Встановлено, що внесення гідролізату білків сироватки молока у кількості, що дорівнює масовій частці сироваткових білків у коров'ячому молоці, практично не впливає на органолептичні показники продукту.

На основі гель-фільтрації встановлено, що готовий комбінований соєво-молочний продукт містить велику кількість низькомолекулярних пептидів ($M \leq 1500$ Да) за рахунок внесення у нього гідролізату білків сироватки молока.

Література

1. Villa C., Costa J., Oliveira M.B.P.P., Mafra I. Bovine Milk Allergens: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. 17 (1). 137—164. doi: 10.1111/1541-4337.12318.
2. Bu G., Luo Y., Chen F., Liu K., Zhu T. Milk processing as a tool to reduce cow's milk allergenicity: a mini-review. *Dairy Science and Technology*. 2013. V. 93. P. 211—223. doi: 10.1007/s13594-013-0113-x.
3. Mann B., Athira S., Sharma R., Kumar R., Sarkar P. Bioactive Peptides from Whey Proteins. *Whey Proteins: From milk to medicine* / Ed. Hilton C. Deeth, Nidhi Bansal. London: Academic Press
4. Duan C. C., Huo G. C., Yang L. J., Ren D. X., Chen J. L. Comparison of sensitization between β -lactoglobulin and its hydrolysates. *Asian Pac J Allergy Immunol*. 2012. V. 30. P. 32—39.
5. Vandenplas Y., Bhatia J., Shamir R., Agostoni C., Turck D., Staiano A., Szajewska H. Hydrolyzed Formulas for Allergy Prevention. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 2014. V. 58(5). P. 549—552.
6. Iukalo A. V., Datsyshyn K. Ye., Yukalo V. G. Bioaktyvni peptydy proteiniv syrovatky moloka koriv (Bos Taurus). *Biotechnologia Acta*. 2013. V. 6(5). 49—61. doi: 10.15407/biotech6.05.049.
7. Zhenze Liu, Chibuike C. Udenigwe. Role of food-derived opioid peptides in the central nervous and gastrointestinal systems — A review. *Journal of Food Biochemistry*. 2018. 43:e12629. DOI: 10.1111/jfbc.12629
8. Szwajkowska M., Wolanciuk A., Barłowska J., et al. Bovine milk proteins as the source of bioactive peptides influence the consumers' immune system — a review. *Animal Science Papers and Reports*. 2011. V. 29(4). P. 269—280.
9. Mohanty D., Jena R., Choudhury P. K., Pattnaik R., Mohapatra S., Saini M. R. Milk Derived Antimicrobial Bioactive Peptides: A Review. *International Journal of Food Properties*. 2016. V. 19. P. 837—846.

10. Khan M. U., Pirzadeh M., Förster C. Y., Shityakov S., Shariati M. A. Role of Milk-Derived Antibacterial Peptides in Modern Food Biotechnology: Their Synthesis, Applications and Future Perspectives. *Biomolecules*. 2018. V. 8(4). P. 100—116. doi: 10.3390 / biom8040110
11. Храмцов А. Г. Феномен молочной сыворотки. СПб.: Профессия, 2011. 804 с.
12. Yukalo V., Datsyshyn K, Storozh L. Electrophoretic system for express analysis of whey protein fractions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. V. 2(11 (98)). P. 37—44. doi: 10.15587/1729-4061.2019.160186.
13. Полюгалина Г. В. Определение активности ферментов. Справочник / Г. В. Полюгалина, В. С. Чердниченко, Л. В. Римарева. М.: Де Ли принт, 2003. 375 с.
14. Fox P. F., Uniacke-Lowe T., McSweeney P. L. H., O'Mahony J. A. *Dairy Chemistry and Biochemistry* (Second Editon). New York: Springer, 2015. 585 p. doi: 10.1007/978-3-319-14892-2.
15. Спосіб виробництва продукту з сої за типом сиру-тофу: пат. 14257 Україна: МПК A23G 3/00 № u 200509788; заявл. 22.06.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5.
16. Декуша Г. В. Розробка технології сухих сумішей з гідролізованим білком для дитячого харчування: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Одеса, 2009. 157 с.

THE INVESTIGATION AND OPTIMIZATION OF FUNCTIONAL PASTA PRODUCTION WITH USAGE OF SHIITAKE MUSHROOM CONCENTRATE

V. Yurchak, D. Kravchuk

National University of Food Technologies

N. Sharkova, G. Dekusha

Institute of technical thermal physics NAS of Ukraine

Key words:

Shiitake mushroom

concentrate

Functional pasta product

Optimization of

production

Article history:

Received 08.10.2019

Received in revised form

22.10.2019

Accepted 08.11.2019

Corresponding author:

V. Yurchak

E-mail:

yrchakvg@ukr.net

ABSTRACT

The current state of providing the Ukrainian people with enriched and functional pasta products is presented in the paper. Developing and increasing of production of the pasta products of high biological value is actual task for food industry.

Usage of supreme basidiomycetes as a source of biologically active compounds is quite perspective for developing of healthy pasta products. Scientific search demonstrated therapeutic and antibiotic effect of culture mushrooms. Shiitake mushrooms that provide immunomodulatory effect and anti-neoplastic action as well hold the special place. The shiitake mushroom concentrate that was developed by Institute of technical thermal physics of National Academy of Science of Ukraine by means of nanotechnological processing of fruit body and mushroom tops was used for developing functional pasta products.

The effect of shiitake mushroom concentrate on the quality of pasta products in amount of 10—30% of the flour weight has been investigated. This concentrate in amount of 10—20% of flour weight improves quality of the products, in particular cooking properties, strength both appearance and taste.

Pasta dough assumes more elasticity, larger crumble structure, and it causes increasing both pressing speed and press productivity. But in dosage of 20% and more it requires reducing moisture of dough.

The dough making process has been optimized. The best quality is observed in case of dosage of 15% of shiitake mushrooms' concentrates, moisture of dough — 34% and temperature of water for mixing — 55°C. The dosage of concentrate may be increased up to 20% in order to increase content of biologically active compounds, meanwhile quality marginally slightly reduces.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРЕПАРАТІВ ГРИБІВ ШИЇТАКЕ

В. Г. Юрчак, Д. М. Кравчук

Національний університет харчових технологій

Н. О. Шаркова, Г. В. Декуша

Інститут технічної теплофізики НАН України

У статті розглянуто сучасний стан забезпечення населення України макаронними виробами підвищеної харчової цінності та функціонального призначення. Показано, що розроблення та збільшення випуску макаронних виробів з підвищеною біологічною цінністю є актуальним завданням для макаронної галузі харчової промисловості.

Перспективним напрямом створення макаронних виробів оздоровчого призначення є використання препаратів вищих базидіальних грибів як джерела біологічно активних речовин. Аналіз наукових досліджень показав, що культивовані гриби проявляють лікувальну й антибіотичну дію. Особливе місце займають гриби шиїтаке, які проявляють імуномодельуючу та протипухлинну дію.

Для створення макаронних виробів функціонального призначення використано препарат грибів шиїтаке, розроблений ІТТФ НАН України, отриманий методом нанотехнологічної обробки плодового тіла гриба шиїтаке та його шапинок. Досліджено вплив препарату грибів шиїтаке на якість макаронних виробів в кількості 10—30% до маси борошна. Встановлено, що використання препарату в кількості 10—20% поліпшує якість виробів за показниками варильних властивостей, міцністю виробів, смаковими властивостями, зовнішнім виглядом.

Вивчення впливу препарату грибів на властивості тіста показало, що макаронне тісто стає крупнокрихтуватим, більш пластичним, що сприяє збільшенню швидкості пресування та продуктивності пресу, проте за дозування 20% і більше потребує зниження вологості тіста.

Здійснено оптимізацію процесу тістоприготування. Встановлено, що найкраща якість досягається за дозування препарату грибів шиїтаке 15% до маси борошна, вологості тіста 34% та температури води для замішування 55°C. Для збільшення вмісту біологічно активних речовин у виробі дозування препарату можна збільшити до 20%, при цьому показники якості знижуються незначно.

Ключові слова: *препарат грибів шиїтаке, макаронні вироби функціонального призначення, оптимізація виготовлення.*

Постановка проблеми. Макаронні вироби є продуктами масового споживання, популярними серед багатьох груп населення. Їм властиві високі енер-

гетична цінність і засвоюваність, проте хімічний склад виробів не відповідає нормам раціонального харчування. Зокрема, вміст білка в них становить приблизно 10%, але він є неповноцінним за амінокислотним складом. Вони збіднені на харчові волокна, мінеральні речовини, вітаміни. Однак підприємствами галузі фактично припинено випуск виробів підвищеної харчової цінності (яєчних, молочних, дитячого асортименту), оскільки їх ціна майже у 1,5—2,0 рази вища за вироби без додаткової сировини. Недостатньо виробляється виробів функціонального призначення. З цієї причини асортимент макаронних виробів досить вузький і відрізняється переважно формою. Неприятлива екологічна ситуація в Україні, пов'язана з наслідками Чорнобильської катастрофи й техногенним забрудненням довкілля, вимагає створення якісно нових виробів, функціональні властивості яких були б спрямовані на запобігання виникнення захворювань споживачів, забезпечення організму людини необхідними макро- та мікронутрієнтами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За сучасними уявленнями найбільш пріоритетними для створення виробів функціонального призначення є фізіологічна та механоактиваційна модифікація харчових продуктів [1]. Остання полягає у тонкому подрібненні матеріалу, обробленні тиском, температурою та сприяє підвищенню біодоступності функціональних інгредієнтів сировини. Фізіологічна модифікація передбачає збагачення традиційних виробів натуральними біологічно активними речовинами у кількості, що відповідає фізіологічним потребам організму.

Одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасної біотехнології є вивчення можливості використання вищих базидіальних грибів як продуцентів біологічно активних речовин для виробництва функціональних продуктів. У Національному університеті харчових технологій вивчалось використання гливи звичайної, печериць, грибів шиїтаке для створення хлібних паличок, харчових концентратів функціонального призначення [2; 3]. Розроблено сухий грибний напівфабрикат гливи звичайної для збагачення харчових раціонів [4].

В останні роки дослідження зарубіжних і вітчизняних вчених — мікологів, біотехнологів, медиків, показали, що культивовані гриби містять лікувальні й антибіотичні речовини [5]. В грибах виявлено речовини, що стимулюють імунну систему, мають антибактеріальну, протигрибкову та противірусну активність, навіть виявляють протипухлинну активність. Сучасні дослідження в різних країнах показали, що вищі базидіальні їстівні та лікарські гриби є дуже вдалим, збалансованим природним комплексом біологічно активних речовин: глюкозів, хітину, терпенів, білків, ліпідів, каротиноїдів, меланіну, поліфенолів, полісахаридів, ферментів. Глюкани вищих грибів добре відомі в медицині як потужні імуномодулятори. Крім того, більшість видів лікарських грибів здатні регулювати кров'яний тиск, знижувати вміст холестерину й цукру в крові [6—8].

Шиїтаке (*Lentinus edodes*) — один з найбільш перспективних для культивування вид їстівних грибів. Їстівні гриби шиїтке є цінною сировиною за вмістом у їхньому складі багатьох біологічно активних речовин. Серед них: білки — 10...17%, жири — 0,6...8,0%, вуглеводи — 67...78%, зола — 3,7...10%

за сухою масою [9]. Вони містять всі незамінні амінокислоти, потрібні для людини, поліненасичені жирні кислоти, широкий спектр вітамінів і важливих макро- і мікроелементів, в тому числі і селен, який є дефіцитним у харчуванні людини. Унікальні властивості гриба проявляються завдяки вмісту в ньому комплексу полісахаридів з імуномодельючими властивостями. Джерелом імунорегулюючих та онкостатичних метаболітів гриба шиїтаке є водорозчинний комплекс полісахаридів, який міститься у хітин-глюканових структурах клітин [9; 10].

На основі комплексних досліджень, проведених в Інституті технічної теплофізики Національної академії наук України, розроблений інноваційний метод нанотехнологічної обробки плодового тіла гриба шиїтаке, який дає змогу збільшити біодоступність його полісахаридного комплексу, зберігаючи при цьому всі біологічно активні речовини [9]. В процесі обробки досягається гідромеханічна деструкція високоміцних хітин-глюканових структур з отриманням суспензії високого ступеня дисперсності. Це дає підстави дослідити можливість використання препарату грибів шиїтаке для розроблення макаронних виробів функціонального призначення.

Метою дослідження є вивчення впливу препаратів грибів шиїтаке на якість макаронних виробів, технологічний процес приготування тіста та оптимізація параметрів тістоприготування для розроблення виробів функціонального призначення.

Викладення основних результатів дослідження. В дослідях використовували препарат грибів шиїтаке з вмістом сухих речовин 90%. На підставі результатів пошукових дослідів обрано дозування препарату грибів шиїтаке 10%, 20%, 30% до маси борошна. Параметри замішування обирають залежно від якості борошна, рецептури виробів, а також обладнання, що застосовується для замішування тіста і формування виробів. Відповідно до технічних характеристик преса і якості борошна було обрано вологість макаронного тіста 36% для контрольного зразка (без внесення препарату) та для зразка з дозуванням 10% препарату грибів. Попередні пошукові досліді показали, що внесення препарату грибів у тісто суттєво збільшує його пластичність, сприяє агрегації крихт тіста, воно стає крупногрудкуватим. Тому за більшого дозування препарату (20% і 30%) вологість тіста зменшували на 1%, тобто вологість тіста становила 35%. Застосовували теплий заміс тіста, температура води на заміс тіста становила 60°C. Вироби формували у вигляді короткорізаної локшини. Сирі макаронні вироби оцінювали за органолептичними показниками, готові макаронні вироби — за органолептичними та фізико-хімічними показниками згідно з ДСТУ 7043:2009, а також за показниками міцності, переходу сухих речовин у варильну воду. Результати дослідів наведені в табл. 1.

Аналіз даних у табл. 1 показує, що сирі макаронні вироби мають гладку поверхню, притаманний макаронним виробам запах, грибний запах не відчувається. Висушені макаронні вироби з препаратом грибів мали дещо темніший колір порівняно з напівфабрикатом, тобто під час сушіння відбувається потемніння макаронних виробів. Вироби, виготовлені з використанням 10% препарату грибів, були досить світлими, але мали сіруватий відтінок. Вироби

з використанням 20% та 30% препарату грибів набували світло-коричневого кольору.

Смак і запах виробів, виготовлених з внесенням 10% препарату грибів, був ледь відчутний грибний, а виробів з внесенням 20% і 30% — виражений грибний.

Кислотність виробів, виготовлених з використанням препарату грибів, була вищою: у разі внесення 10% та 20% препарату — на 0,4—0,5 град., а у разі внесення 30% препарату — на 1,0 град., але знаходиться в межах, визначеним стандартом для макаронних виробів.

Таблиця 1. Вплив препарату грибів шийтаке на показники якості макаронних виробів

Показники	Дозування препарату грибів, %			
	Контроль	10	20	30
Сирі макаронні вироби				
Колір	Світлий, кремовий	Темно-кремовий	Світло-сірий	
Стан поверхні	Ледь шорстка	Гладка		
Запах	Притаманний цим видам виробів, без сторонніх запахів, грибний запах не відчувається			
Готові макаронні вироби				
Колір	Світлий, кремовий	Світлий, із сірим відтінком	Світло-коричневий	
Смак	Властивий, без стороннього присмаку	Ледь відчутний грибний	Грибний	
Запах	Властивий, без стороннього запаху	Ледь відчутний грибний	Грибний	
Стан зламу	Скловидний	Більш скловидний		
Стан виробів після варіння	Не втрачають форму, не злипаються			Злипаються після варіння
Тривалість варіння, хв	15	17	18	18
Коефіцієнт K_m	2,0	2,0	2,0	2,0
Коефіцієнт K_v	2,8	2,8	2,9	2,6
Втрати СР при варінні, % до СР	10,13	8,46	9,73	11,43
Міцність, Н	5,3	6,8	6,9	7,0
Вологість, %	11,3	11,2	11,2	11,3
Кислотність, град.	2,9	3,3	3,4	4,0

Вироби з грибним препаратом мали вищу міцність: у разі використання препарату 10% та 30% їх міцність була на 1,5—1,7 Н вищою порівняно з контрольним зразком і становила 6,8—7,0 Н.

Вироби з препаратом грибів шийтаке мали більш скловидний злам, що корелює з показником міцності, а також дещо більший час варіння до готовності — на 2—3 хв порівняно з контролем. Вироби після варіння не втрачали форму, не злипались. Показники варильних властивостей виробів (коефіцієнт збільшення маси та коефіцієнт збільшення об'єму дослідних зразків) були практично такими ж, як у контролі, і лише для зразка з внесенням 30% препарату коефіцієнт збільшення маси був трохи нижчим. Втрати сухих речовин

у варильну воду були дещо нижчими для зразків, виготовлених з використанням 10—20% препарату грибів, порівняно з контролем на 1,6—0,4% до СР, але для зразків, виготовлених з використанням 30% препарату грибів, зростали (на 1,3% порівняно з контролем), що підтверджує негативний вплив такого дозування препарату грибів на якість макаронних виробів.

З метою пояснення деяких закономірностей впливу препарату грибів шийтаке на якість виробів і встановлення раціональних параметрів технологічного процесу тістоприготування досліджували вплив дозування препарату на властивості тіста під час його замішування та на показники процесу пресування.

Дослідження проводили за такого ж дозування препарату грибів і вологості тіста, що й у попередній серії дослідів. Визначали крихтуватість макаронного тіста, швидкість пресування та продуктивність преса.

Макаронне тісто має крихтувату структуру і лише після пресування утворює зв'язну масу, яка являє собою колоїдну капілярно-пористу структуру. Крихтуватість макаронного тіста пов'язана з його вологістю, реологічними властивостями (пластичністю, когезією) та характеризується розміром крихт. Тісто може бути дрібнокрихтуватим, дрібногрудкуватим і крупногрудкуватим. У більшості випадків найбільш прийнятним є дрібногрудкувате тісто, яке є досить пластичним, після пресування має оптимальне співвідношення міцності і пластичності, забезпечує кращий стан поверхні виробів.

Крихтуватість визначали шляхом розсіювання наважки тіста на системі сит. Для цього використовували штаповані сита №№ 7, 5, 3 та № 1, визначали залишок на кожному із сит і прохід через сито № 1. Швидкість пресування встановлювали визначенням довжини виробів за час пресування 30 с і виражали в міліметрах за секунду. Продуктивність преса визначали за масою виробів, одержаних протягом 30 с, і виражали в кг/год. Одержані дані наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Вплив препарату грибів шийтаке на показники якості тіста та параметри пресування

Показники	Дозування препарату грибів, %			
	Контроль	10	20	30
Крихтуватість макаронного тіста: залишок на ситі, % до маси наважки				
- сито № 7	25,0	28,4	12,8	18,2
- сито № 5	16,5	21,3	12,2	17,3
- сито № 3	26,0	22,8	23,2	24,5
- сито № 1	30,4	26,2	46,0	37,7
Прохід сита № 1, % до маси наважки	2,1	1,3	5,8	2,3
Швидкість пресування, мм/с	14,3	15,0	15,6	16,0
Продуктивність преса, кг/год	14,9	15,6	15,9	16,2

Аналіз отриманих даних свідчить, що внесення 10 % препарату грибів призводить до зниження кількості дрібних крих та отримання дрібногрудкуватого тіста, що свідчить про певну структуроутворювальну дію препарату грибів та зростання пластичності тіста. Останнє підтверджується зростанням

швидкості пресування виробів і продуктивності преса. Аналогічна залежність спостерігається при порівнянні зразків тіста з додаванням 20% і 30% препарату. Хоча утворення більш дрібнокрихтуватого тіста порівняно з попередніми зразками є наслідком зниження вологості тіста для цих зразків (див. вище), щодо зміни швидкості пресування та продуктивності пресу спостерігається та ж залежність: зі збільшенням кількості внесеного препарату швидкість пресування і продуктивність пресу зростає.

Для розроблення рецептури виробів та обґрунтування технологічних параметрів їх виготовлення здійснювали оптимізацію процесу тістопріготування. Математичну модель технологічного процесу отримали методом повного факторного експерименту ПФЕ 2³. За критерій оптимальності приймали перехід сухих речовин у варильну воду (Y , % СР). Як обмеження було обрано міцність виробів (у Ньютонах). За оптимізувальні фактори обрали кількість внесеного препарату грибів (X_1 , %), вологість тіста (X_2 , %) та температуру води на замішування тіста (X_3 , °C). Рівні факторів та інтервали їх варіювання наведені в табл. 3. Матриця експерименту й отримані дані наведені в табл. 4.

Таблиця 3. Діапазон факторного простору експерименту

Рівні факторів	Позначення	Досліджувані фактори		
		Кількість препарату грибів (X_1), %	Вологість тіста (X_2), %	Температура води (X_3), °C
Нульовий рівень	X_i^0	20,0	35,0	60
Інтервал варіювання	λ_i	5,0	1,0	10
Верхній рівень	X_i^+	25,0	36,0	70
Нижній рівень	X_i^-	15,0	34,0	50

Таблиця 4. Матриця та результати експерименту

Номер досліджу	Матриця експерименту			Значення критерію оптимальності і-го досліджу		Середнє значення критерію оптимальності
	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	
1	–	–	–	7,09	6,90	6,99
2	+	–	–	8,04	7,79	7,91
3	–	+	–	7,38	7,65	7,51
4	+	+	–	11,28	11,16	11,22
5	–	–	+	7,78	7,94	7,86
6	+	–	+	8,71	8,55	8,63
7	–	+	+	8,76	8,96	8,86
8	+	+	+	9,65	9,74	9,69

На підставі статистичної обробки експериментальних даних отримана математична модель процесу (1) у вигляді поліному першого ступеня в кодованій формі за показником втрати сухих речовин у варильну воду:

$$Y = 8,58 + 0,78 \cdot X_1 + 0,73 \cdot X_2 + 0,18 \cdot X_3. \quad (1)$$

Розрахунок критерію Стюдента для коефіцієнтів рівняння регресії показав, що вони є суттєвими.

Для пошуку оптимуму застосовували метод оптимізації «крутого сходження» Бокса-Вілсона. Вихідні дані для розрахунку програми «крутого сходження» та результати розрахунку наведені в табл. 5. Враховуючи, що коефіцієнти отриманого рівняння регресії є додатними, тобто зростання досліджуваних факторів збільшує значення функції (перехід сухих речовин у варильну воду), обраний крок крутого сходження віднімали від нульового рівня факторів.

Таблиця 5. Вихідні дані для розрахунку і результати розрахунку кроку «крутого сходження»

Найменування	Фактори		
	X_1 , %	X_2 , %	X_3 , °C
Нульовий рівень, X_i^0	20	35	60
Інтервал варіювання, λ_i	5	1	10
Коефіцієнт, b_i	0,78	0,73	0,18
Добуток, $b_i \lambda_i$	3,9	0,73	1,8
Інтервал h_i при зміні базового фактору h_a	1	0,18	0,46
Заокруглений крок крутого сходження	-1	-0,2	-1

Програма «крутого сходження» та результати експерименту за програмою наведені в табл. 6. Встановлено, що найкраща якість досягаються за дозування препарату грибів шийтаке 15% до маси борошна, вологості тіста 34% та температури води для замішування 55°C.

Таблиця 6. Програма «крутого сходження» та результати експерименту

№ дослідів	Фактори			Перехід сухих речовин у варильну воду, %	Міцність макаронних виробів, Н
	X_1 , %	X_2 , %	X_3 , °C		
1	20	35,0	60	8,1	6,4
2	19	34,8	59	7,6	6,3
3	18	34,6	58	7,2	6,3
4	17	34,4	57	7,2	6,3
5	16	34,2	56	7,1	6,3
6	15	34,0	55	6,8	6,2

У разі внесення 16—18% препарату показники якості змінюються незначно. Дещо зростає перехід сухих речовин у варильну воду за дозування препарату грибів 19—20%, але знаходиться в рекомендованих інструкціями межах. Міцність виробів за дозування препарату грибів 15—20% майже не змінюється. Отже, для збільшення вмісту біологічно активних речовин у макаронних výro-

бах дозування препарату можна збільшити до 20%, при цьому показники їх якості знижуються незначно.

Висновки

1. Встановлено ефективність використання препарату грибів шіітаке, отриманого методом нанотехнологічного оброблення, для створення макаронних виробів функціонального призначення. Показано позитивний вплив внесення 10—20% препарату на органолептичні, фізико-хімічні показники якості макаронних виробів, зокрема показники втрати сухих речовин у варильну воду та міцність виробів.

2. Досліджено процес тістоприготування в технології макаронних виробів. Встановлено вплив препарату грибів шіітаке на структуру тіста та показано, що він сприяє утворенню крупнокрихтуватого тіста, збільшенню швидкості пресування та продуктивності преса.

3. Здійснено оптимізацію процесу тістоприготування. Доведено, що найкраща якість виробів досягаються за дозування препарату грибів шіітаке 15% до маси борошна, вологості тіста 34% та температури води для замішування 55°C. Для розроблення виробів функціонального призначення використання препарату грибів таке можна збільшити до 20%, при цьому показники якості виробів знижуються незначно.

Література

1. Сімахіна Г. О., Науменко Р. Ю. Модифікація харчових продуктів: багатоваріантність підходів та пріоритети. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Том 24, № 6. С. 233—239.
2. Арсеньєва Л. Ю., Ященко В. С., Кобець Н. М., Петруша О. О. Вплив грибної сировини на стан білково-протеїназного комплексу тіста. *Наукові праці НУХТ*. 2015. № 53. С. 15—19.
3. Зінченко І. М., Терлецька В. А., Ковбаса В. М., Сергєєв А. Д., Білоцький В. В. Особливості процесу набухання штучно культивованих грибів. *Наукові праці НУХТ*. 2015, № 53. С. 28—33.
4. Сімахіна Г. О., Гойко І. Ю. Виробництво сухого грибного напівфабрикату для збагачення харчових раціонів. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Т. 21, № 2. С. 190—196.
5. Бисько Н. А., Бабицька В. Г., Бухало А. С. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т. 2. Под ред. чл.-кор. НАН Украины С. П. Вассера. К., 2012. 459 с.
6. Бабицька В. Г., Щерба В. В. Базидиальные грибы — субстанция для получения функциональных препаратов. *Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии*: материалы Международной науч. конф. Минск, 2004. С. 230—232.
7. Гарибова Л. В. Пищевая и лечебно-профилактическая ценность съедобных грибов. *Успехи медицинской микологии*: материалы 2-го Всеросс. конгресса по мед. микологии. Т. III. М., 2004. С. 236—237.
8. Сухомлин М. Н., Полохина И. И., Трискиба С. Д. Исследования высших базидиомицетов с лекарственными свойствами в культуре. *Успехи медицинской микологии*: материалы 2-го Всеросс. конгресса по мед. микологии. Т. III. М., 2004. С. 242—243.
9. Шаркова Н. О., Турчина Т. Я., Жукотський Е. К., Декуша Г. В. Мікроструктурний аналіз грибної суспензії на стадії підготовки до розпилювального сушіння. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Т. 21, № 2. С. 190—196.
10. Brauer D., Kimmons T. E., Phillips M. Potential for manipulating the polysaccharide content of shiitake mushrooms. *Applied microbiology and Biotechnology*. 2010. P. 1136—1142.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF CANNED MEAT AND VEGETABLE PRODUCTS WITH THE USE OF BEANS

A. Haschuk, O. Moskalyuk, P. Gorishniy, O. Grishenko

National University of Food Technologies

Key words:

Canned meat and vegetable technology, Lentils, Degree and inertia swelling, Functional and technological indicators

Article history:

Received 07.10.2019

Received in revised form 17.10.2019

Accepted 07.11.2019

Corresponding author:

A. Haschuk

E-mail:

ohaschuk@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the results of research to improve the technology and development of canned meat and vegetable recipes, an analysis of the canned meat market and modern packaging methods. The results of studies of the chemical composition and functional-technological indicators of developed canned meat using lentils are presented. The degree and inertia of the swelling of legumes were studied and the parameters of the lentil pretreatment processes were optimized. According to the results of studies, it was found that with an increase in the duration of swelling, an increase in the degree of swelling is observed. However, after getting a certain value, its value stabilizes: at a temperature of 50°C the degree of swelling is greater than at a temperature of 30°C and with a duration of the process after 95 minutes they are 85% and 80.6%, respectively. It was established that inertia is the swelling of lentils or the time that is necessary for the degree of swelling to reach 90% of the maximum, at a temperature of 30°C it is 50.5 minutes, and the estimated — 51.3 minutes at a temperature of 50°C — 41.7 minutes and 41.5 minutes, respectively. The obtained results indicate that at a higher temperature (50°C) the inertia swelling is lower.

After hydration was completed in three ways, the moisture retention capacity was determined and it was found that the institution of higher education for hydrated and blanched lentils is 100%, which is associated with maximum absorption and chemically bound moisture content. Other methods of hydration, moisture retention capacity has significantly lower rates of 71% (method 1) and 89% (method 2). Obviously, chemically bound moisture in blanched lentils will also be in the finished product after sterilization.

Based on the results of scientific research, formulation and improved technology for the production of canned meat with high nutritional value were developed, which can be packaged in retort packs and offered as a ration for military personnel. In the scientific work, the nutritional and biological value of the developed product were investigated. The analysis of the research results shows that the use of lentils in canned meat and vegetable products does not reduce the nutritional and energy value of them. The protein content is 16.4%, and corresponds to the norm for these types of canned food (at least 12%). Mass fraction of fat is 14.16% (normal is no more than 28%).

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-6-28

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСО-РОСЛИННИХ КОНСЕРВІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БОБОВИХ

О. І. Гашук, О. Є. Москалюк, П. О. Горішний, О. А. Грищенко
Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень удосконалення технології та розроблення рецептури м'ясо-рослинних консервів і проаналізовано спосіб фасування. Наведено результати досліджень хімічного складу та функціонально-технологічних показників розроблених м'ясо-рослинних консервів з використанням сочевиці. Досліджено ступінь та інерцію набухання бобових культур і оптимізовано параметри процесів попередньої обробки сочевиці. За результатами досліджень встановлено, що зі збільшенням тривалості набухання спостерігається зростання ступеня набухання. Однак, досягнувши певного значення, його величина стабілізується: при температурі 50°C ступінь набухання вищий, ніж при температурі 30°C, і при тривалості процесу після 95 хв має значення 85% та 80,6% відповідно.

Встановлено, що інерція набухання сочевиці або час, який необхідний для того, щоб ступінь набухання досягнув 90% максимального, при температурі 30°C становить 50,5 хв, розрахункове — 51,3 хв, при температурі 50°C — 41,7 хв та 41,5 хв відповідно. Отримані результати свідчать про те, що при вищій температурі (50°C) інерція набухання нижча.

Після закінчення гідратації трьома способами визначено вологоутримувальну здатність (ВУЗ) і встановлено, що ВУЗ сочевиці гідратованої та бланшованої складає 100%, що пов'язано з максимальним поглинанням і утриманням хімічно зв'язаної води. За інших способів гідратації ВУЗ має значно менші показники 71% (спосіб 1) та 89% (спосіб 2). Очевидно, хімічно зв'язана вода у бланшованій сочевиці буде утримуватися і в готовому продукті після стерилізації.

Розроблено рецептуру та удосконалено технологію виробництва м'ясо-рослинних консервів з високою харчовою цінністю, які можливо фасувати у ретортні упаковки та запропонувати до складу раціонів для військовослужбовців. Досліджено харчову і біологічну цінність розробленого продукту. Аналіз результатів досліджень показує, що використання сочевиці у м'ясо-рослинних консервах не знижує харчової та енергетичної цінності продукту. Вміст білка становить 16,4% і відповідає нормі для таких видів консервів (не менше 12%). Масова частка жиру 14,16% (норма — не більше 28%).

Ключові слова: технологія м'ясо-рослинних консервів, сочевиця, ступінь та інерція набухання, функціонально-технологічні показники.

Постановка проблеми. Певну нішу в харчуванні населення займають м'ясні і м'ясо-рослинні консерви, що мають високу харчову й енергетичну цінність, тривалий термін зберігання та відрізняються зручністю у використанні і транспортуванні. Компактність продукції та стійкість при зберіганні дають змогу

створювати державні резерви і забезпечувати ними населення за будь-яких несприятливих умов.

Виробники м'ясних консервів в Україні забезпечують в основному внутрішній ринок, який скорочувався особливо в останні роки, коли були втрачені значні обсяги збуту в Росію та зменшився попит через падіння купівельної спроможності населення. Також негативним фактором стало збільшення собівартості виробництва через зростання цін на м'ясо. Обсяг внутрішнього ринку зменшувався три роки поспіль — з 2014 р. по 2016 р. на 65,4% (табл. 1).

Проте, згідно зі статистичними даними Державної служби статистики України, у 2015 р. м'ясопереробні підприємства виробили 19,26 тис. т продукції; у 2016 р. — 12,89 тис. т, а у 2017 — 15,01 тис. тонн. Тенденція до зростання виробництва консервів з м'яса була зафіксована і в першій половині 2018 року. Якщо порівняти з першою половиною попереднього року, то консервів було виготовлено на 12% більше [1].

Таблиця 1. Показники ємності ринку м'ясних консервів і паштетів в Україні в 2013—2017 рр., тис. т

Роки	2013	2014	2015	2016	2017
Виробництво	35,74	26,92	19,26	12,89	15,01
Імпорт	2,71	0,70	0,23	0,56	0,92
Експорт	0,39	0,49	0,31	0,28	0,36
Ємність ринку	38,06	27,13	19,19	13,18	15,56
Темп приросту	—	–28,7	–29,3	–31,3	18,1

Причиною відновлення ринку консервів з м'яса у 2017 р. стала стабілізація економічної ситуації в країні. Також такий стрибок можна пояснити державним замовленням для української армії. Від початку військових дій на Сході нашої країни державні закупівлі суттєво збільшилися.

Для розфасування м'ясних і м'ясо-рослинних консервів використовують жерстяну, скляну або полімерну тару. Згідно з вимогами вона повинна бути герметичною, міцною, хімічно інертною до вмісту, нешкідливою, мати добрі бар'єрні властивості, теплопровідність і бути стійкою при нагріванні й охолодженні. Розроблення нетрадиційної тари для м'ясо-консервного виробництва спрямоване на застосування інноваційних технологій пакувальних матеріалів, що забезпечують процеси енерго-, матеріалозбереження. Нині активно застосовують реторт пакети — тонкі контейнери з багатошарових плівок, з великою поверхнею теплообміну, що піддаються стерилізації разом з продуктом при температурі понад 100°C. Було досліджено, що час термічної стерилізації в таких пакетах скорочується вдвічі порівняно зі стерилізацією в консервних банках. Ця особливість забезпечує зберігання найважливіших ароматичних і смакових компонентів, що втрачаються при тривалих теплових обробках. У деяких ретортних пакетах можна розігрівати вміст у СВЧ-печі або варити в киплячій воді.

Армія США пропагувала концепцію гнучких ретортних пакетів для використання в польових раціонах ще в 1950-х роках. Ідея полягала в тому, щоб

мати легкий, довговічний, зручний у використанні контейнер для їжі, який би замінив громіздку традиційну банку. У 1965 р. в Італії було виготовлено перші комерційні пакети для реторти. В Японії технологія реторт-мішечків набула широкого поширення, в них виготовляється багато продуктів, починаючи від соусів і супів.

Вимоги до ретортного упакування: низька проникність для кисню та вологи; стійкість до проникнення жирів, олій, ароматичних та інших харчових компонентів; фізична міцність, для протистояння ударам і стиранню при пакуванні, зберіганні й транспортуванні.

Українська компанія Fuse Food, що була заснована учасниками АТО, під брендом ТМ «I'MREADY», випускає м'ясні консерви: «Яловичина, свинина і м'ясо курки у власному соку» у м'якій ретортній упаковці. Строк придатності такої продукції не більше 2 років від дати виготовлення за умови зберігання при температурі від 0°C до 20°C та відносній вологості повітря не вище 75%.

У такій м'якій консервній тарі в науковій роботі було запропоновано виготовлення м'ясо-рослинних консервів з використанням сочевиці. Поєднання м'яса і рослинних компонентів покращує харчову цінність та структуру харчування людей. Поєднання білків м'яса з рослинними білками покращує амінокислотний склад готових продуктів та їх засвоюваність.

Бобові культури багаті на білок (табл. 2). Сочевиця за харчовою цінністю наближається до м'яса. Також вона має властивість не накопичувати токсичні та шкідливі речовини (радіонукліди, нітрати тощо), за що її відносять до екологічно чистих продуктів [2].

Таблиця 2. Хімічний склад зерна бобових культур

Культура	Масова частка, % (на суху речовину)				
	білків	жирів	вуглеводів	клітковини	золи
Сочевиця	24—35	0,6—2,1	48—53	2,4—4,9	2,3—4,4
Горох	20—35	1,3—1,5	30—50	3,0—6,0	2,0—3,3
Квасоля	22—32	2,3—3,6	50—60	5,0—7,1	2,5—4,6
Нут	18—34	4,0—7,2	47—60	2,4—12,0	2,5—4,9
Маш	20—39	2,0—3,0	20—42	5,0—11,1	2,5—5,8
Кормові боби	25—35	1,0—1,3	50—55	3,4—6,0	2,6—4,3
Соя	30—50	13,0—26,0	20—32	2,9—11,0	4,5—6,8
Люпин	30—48	3,7—14	17—39	11,0—18,0	2,5—4,0
Чина	25—34	0,5—1,2	24—25	4,0—5,4	2,5—3,0

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження вчених І. М. Страшинського, В. М. Пасічного показують, що одним з перспективних напрямків досліджень є удосконалення технологій і розробка рецептур м'ясо-рослинних консервів з використання бобових культур [3]. З м'ясо-рослинних консервів виготовляють високопоживні перші та другі страви й холодні закуски, що не потребують складної кулінарної обробки.

Метою дослідження є удосконалення технології і розробка рецептур м'ясо-рослинних консервів з використанням бобових культур.

Викладення основних результатів дослідження. При виробництві м'ясо-рослинних консервів з бобовими культурами важливу роль відіграють початкові властивості і попередня підготовка бобових. Пересушене насіння бобових для обробки непридатне, оскільки білки, що містяться в ньому, втрачають здатність до набухання, а оболонка втрачає свою еластичність. Під час стерилізації оболонка розривається і крохмаль, що міститься в насінні, переходить у заливу, перетворюючи її в клейстер. При цьому проходить розчинення зовнішньої оболонки крохмальних зерен — амілопектину, який переходить у розчинний стан при 100°C. Не можна застосовувати заморожену сировину, адже при відтаненні крохмаль бобових оцукрюється і втрачає здатність до набухання.

Попередня підготовка сушених бобових після очищення та інспекції включає процес обробки їх у холодній воді (замочування) або в гарячій воді (бланшування), які проводять для того, щоб зерно втягнуло вологу і набухло. При такій обробці об'єм бобових значно збільшується в 1,6—2,6 раза. Набухання проходить за рахунок всмоктування вологи білками й крохмалем і залежить від температури води. В процесі замочування оболонка зерна стає еластичною і, незважаючи на значне збільшення об'єму зерна, воно залишається цілим. Без попереднього замочування зерна бобових при стерилізації будуть руйнуватися, а продукт одержують розвареним.

Для уникнення небажаних вад консервів з бобовими культурами при удосконаленні технології було прийнято рішення поєднання технологічної обробки набухання й бланшування сочевиці і досліджено ступінь та інерцію набухання сочевиці. Набухання зерна сочевиці проводили шляхом гідратації водою у співвідношенні 1:3. У ході досліджень визначали вплив температури води на ступінь та інерцію гідратації сочевиці. Замочування бобів (гідратацію) проводили у воді при температурі 30 і 50°C протягом 100 хв за трьома способами. Вимірювання проводили через кожні 10 хв. Спосіб 1 — гідратація при температурі 30°C; спосіб 2 — гідратація при температурі 50°C; спосіб 3 — гідратація при температурі 50°C та подальшим бланшуванням при температурі 100°C протягом 7—8 хв.

Визначаючи ступінь набухання через задані проміжки часу, можна отримати кінетичні криві набухання. За отриманими результатами було побудовано графіки зміни ступеня набухання при замочуванні (рис. 1) та кривих інерції набухання в напівлогарифмічній системі координат: вісь x — тривалість набухання — лінійна шкала, вісь y — $\lg(\varphi_{\max} - \varphi_t)$ — логарифмічна шкала (рис. 2).

З графіка (рис. 1) видно, що зі збільшенням тривалості набухання, відповідно, спостерігається зростання ступеня набухання. Однак, досягнувши певного значення, його величина набуває відносно сталого значення. Також було експериментальним шляхом встановлено, що при температурі 50°C ступінь набухання більший, ніж при температурі 30°C, і при тривалості процесу на сотій хвилині має значення 85% та 80,5% відповідно.

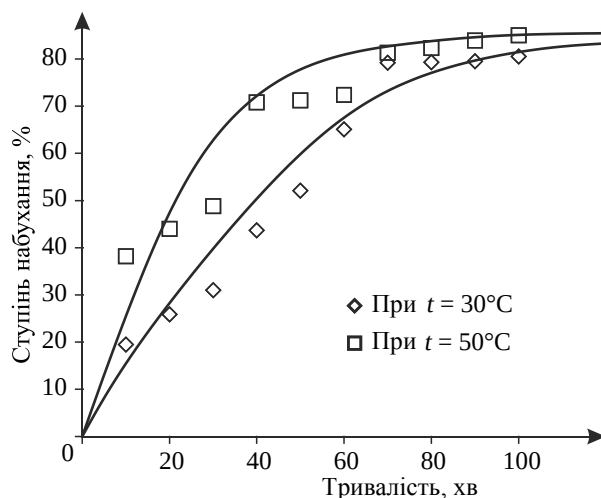


Рис. 1. Зміна ступеня набухання сочевиці під час замочування при 30°C та 50°C

Константа інерції набухання f_n — час, який необхідний для зменшення в 10 раз різниці між максимальним $\varphi_{\max}$ і даним φ_t ступенем набухання, або час, необхідний для того, щоб ступінь набухання досягнув 90% максимального, хв. За різницею $\varphi_{\max} - \varphi_t$, будемо графік кривої інерції набухання, та має експонентний характер, але в результаті відповідної математичної обробки випрямляється (рис. 2). За розташуванням точок видно, що залежність має лінійний характер і описується рівнянням $y = a + b \cdot x$.

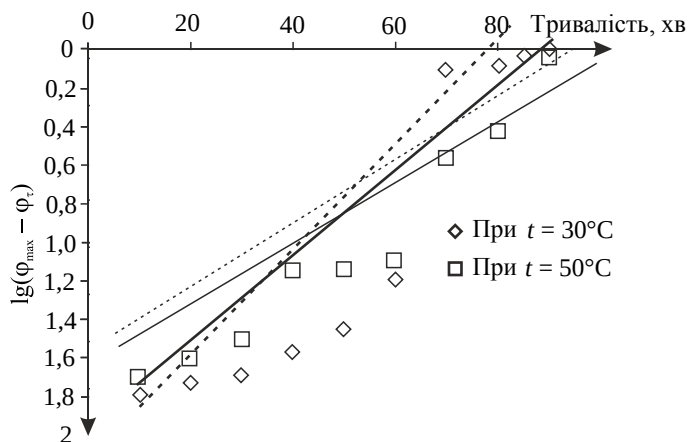


Рис. 2. Криві набухання бобів сочевиці при 30°C та 50°C під час замочування

Уточнення координат кривої набухання бобів сочевиці при 30°C : за точками $y'_{\text{поч}}$ і $y'_{\text{кін}}$ проводимо пряму і визначаємо f_n як час проходження одного $\lg$ циклу $f_n = 50,5$ хв.

Величина f , яка визначається як час проходження кривої одного логарифмічного циклу, надає можливість порівняти швидкість набухання різних видів

бобових культур між собою, або швидкість набухання одного виду бобових, як у нашому досліді, при різних температурах. Розрахункове

$$f' = -\frac{1}{b} = -\frac{1}{-0,0195} = 51,3 \text{ хв.}$$

Уточнення координат кривої набухання бобів сочевиці при 50°C: за точками $y'_{\text{поч}}$ і $y'_{\text{кін}}$ проводимо пряму і визначаємо f_n як час проходження одного lg циклу $f_n = 41,7 \text{ хв.}$ Розрахункове $f' = -\frac{1}{b} = -\frac{1}{-0,024} = 41,5 \text{ хв.}$

Згідно з експериментальними та дослідними даними, час, необхідний для того, щоб ступінь набухання досягнув 90% максимального, тобто інерція набухання сочевиці, при температурі 30°C становить — 50,5 хв, вирахована дослідним шляхом, та — 51,3 хв розрахункове значення; при температурі 50°C — 41,7 хв та 41,5 хв відповідно.

Отримані результати свідчать про те, що при вищій температурі (50°C), інерція набухання нижча.

Після закінчення гідратації була визначена вологоутримувальна здатність білків сочевиці (табл. 3). За результатами досліджень найвищу ВУЗ має сочевиця, яка була гідратована та бланшована і становить 100%, що пов'язано з максимальним поглинанням і утриманням хімічно зв'язаної води. За інших способів ВУЗ має значно менші показники 71% (спосіб 1) та 89% (спосіб 2). Очевидно, хімічно зв'язана волога у бланшованій сочевиці буде утримуватися і в готовому продукті після стерилізації.

Таблиця 3. Вологоутримувальна здатність сочевиці залежно від способу попередньої обробки

Спосіб попередньої обробки	ВУЗ, %
Спосіб 1 — гідратація при температурі 30°C	71
Спосіб 2 — гідратація при температурі 50°C	89
Спосіб 3 — гідратація при температурі 50°C та подальшим бланшуванням при температурі 100°C протягом 7—8 хв	100

Враховуючи значення ступеня та інерції набухання сочевиці при різних температурах, було обрано оптимальні параметри — температура 50°C протягом 45 хв. Відповідний ступінь гідратації і висока ВУЗ необхідні для створення соковитого продукту. При недостатній гідратації сочевиці може виникнути небажаний процес при стерилізації консервів — поглинання бульйону й отримання жорсткої консистенції готового продукту. Отже, за результатами дослідження була обрана обробка сочевиці з набуханням і бланшуванням.

Також запропонована рецептура модельних м'ясо-рослинних мас з використанням сочевиці, які склалися із м'яса курячого (37—47%) і шкірки курячої (15%) та сочевиці після набухання і бланшування (20—35%).

Аналогом рецептури для модельних м'ясо-рослинних мас обрано рецептуру консерви за ДСТУ 4607:2006 «Консерви м'ясо-рослинні каші з м'ясом. Загальні

технічні умови» — каша (перлова, або гречана, або рисова) із соєю та м'ясом. За результатами досліджень органолептичних і функціонально-технологічних показників модельних систем м'ясо-рослинних мас обрана рецептура з вмістом сочевиці після набухання і бланшування у кількості 30%.

Досліджено хімічний склад розроблених м'ясо-рослинних консервів, який дає можливість охарактеризувати якість і харчову та біологічну цінність м'ясо-продуктів. Результати досліджень представлені у табл. 4.

Таблиця 4. Хімічний склад розроблених м'ясо-рослинних консервів

Зразок	Вміст, %					Енергетична цінність, ккал
	вологи	білка	жиру	вуглеводів	золи	
Контроль	57,1±0,1	15,3	25,16±0,3	1,2	1,27±0,1	292,4
Консерви з сочевицею гідратованою і бланшованою	53,0±0,2	16,4	14,18±0,2	14,22	2,2±0,2	250,0

Висновки

За результатами наукових досліджень розроблена рецептура та удосконалена технологія виробництва м'ясо-рослинних консервів з високою харчовою цінністю, які можливо фасувати у ретортні упаковки і використовувати для харчування у надзвичайних ситуаціях. Аналіз приведених даних показує, що використання сочевиці у м'ясо-рослинних консервах, не знижує харчової та енергетичної цінності продукту. Вміст білка становить 16,4% та відповідає нормі для таких видів консервів (не менше 12%). Масова частка жиру 14,16% (норма — не більше 28%).

Література

1. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Химический состав пищевых продуктов: Книга 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. Под ред. проф., д-ра техн. наук И. М. Скурихина, проф., д-ра мед. наук М. Н. Волгарева. 2-е изд., перераб и доп. М.: ВО «Агропромиздат», 1987. 224 с.
3. Використання бобів нуту в технології м'ясомістких консервів О. Вернигора, М. Бойченко, І. М. Страшинський, В. М. Пасічний. URL: [dspace.nuft.edu.ua > jspsui > bitstream](https://dspace.nuft.edu.ua/bitstream)
4. Іценко К. А., Гащук О. І., Москалюк О. Є. Показники якості м'ясо-рослинного паштету з використанням сочевиці. Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції: Програма та тези матеріалів VIII Міжнародної науково-технічної конференції, 5—6.11.2019. Київ, НУХТ, 2019. С. 358—359.
5. Moskaliuk O., Haschuk O., Peschuk L., Sineok L., Galenko O. Investigation of nutrients properties of meat pastes using vegetative raw materials. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2018. Volume 6(1). P 46—55.

RESEARCH OF COMPOSITIONS OF PROTEIN ADDITIVES OF ANIMAL AND PLANT ORIGIN AND THEIR USE IN MEAT PRODUCTS

N. Povarova, L. Melnyk

Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

*Animal proteins
Vegetable proteins
Introduction
Poultry meat
Functionality*

Article history:

Received 09.10.2019
Received in revised form
23.10.2019
Accepted 13.11.2019

Corresponding author:

N. Povarova
E-mail:
povarova.natasha@
gmail.com

ABSTRACT

It was analyzed that modern food industry uses many different ways to improve the quality of food and technological processes, but the most economical and easy to use is the use of food additives. Modern market offers a large range of additives, which are selected in accordance with technological functions.

An analysis of recent studies and publications suggests the possibility of using poultry meat proteins from various anatomical parts as a good formulation and protein filler for sausage production. Compositions that were created by combining animal and vegetable protein are shown. The rational mass fraction of an addition is established as 20:80 of plant and animal protein, which allows to process low-value raw materials, improve the consistency, plasticity (viscosity) of minced meat, improve organoleptic properties of finished products, increase output, allow to significantly reduce the cost price of the product. The results of the influence of these additives on functional and technological properties and organoleptic parameters of meat products are presented. It has been shown that the composition of plant and animal protein in the ratio of 20:80 has the best solubility and water retention ability. Buffer solutions with pH of 4.1 and pH of 6.55 were used to maintain the pH of the medium of the additive (created composition). In the article the questions of practical use of proteins of plant and animal origin in technologies of production of sausages from poultry meat are considered.

It was confirmed that the additive based on animal and plant protein contributes to the expansion of the range of proposed additives, improves their functional properties and increases the level of safety. Such additives make it possible to make an equivalent replacement of the precious raw material that is missed.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИЦІЙ БІЛКОВИХ ДОБАВОК ТВАРИННОГО І РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У М'ЯСНИХ ВИРОБАХ

Н. М. Поварова, Л. А. Мельник

Одеська національна академія харчових технологій

Сучасна харчова промисловість застосовує багато різноманітних способів поліпшення якості харчових продуктів та удосконалення технологічних процесів, але найбільш економічно вигідним і легким у застосуванні залишається використання харчових добавок. Сучасний ринок пропонує великий асортимент добавок, які обираються відповідно до технологічних функцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій підтвердив можливість використання білків м'яса птиці з різних анатомічних частин як гарного структуроутворювача та білкового наповнювача для ковбасного виробництва. Описано композиції, які були створені шляхом комбонування тваринного і рослинного білка. Встановлено раціональну масову частку внесення добавки у співвідношенні 20:80 рослинного і тваринного білка відповідно, що дає змогу переробляти малоцінну сировину, покращує консистенцію, пластичність (в'язкість) фаршу, сприяє поліпшенню органолептичних властивостей готових виробів, збільшують вихід, суттєво знижує собівартість продукту.

Наведено результати впливу добавок на функціонально-технологічні властивості й органолептичні показники м'ясних виробів. Показано, що створення композицій шляхом комбонування рослинного й тваринного білка у співвідношенні 20:80 має найкращу розчинність і водоутримувальну здатність. Для підтримання сталого рН середовища добавки (створеної композиції) використовували буферні розчини з рН 4,1 та рН 6,55. Розглянуто питання практичного використання білків рослинного і тваринного походження у технологіях виробництва ковбасних виробів із м'яса птиці.

Підтверджено, що добавка на основі тваринного і рослинного білка сприяє розширенню асортименту запропонованих добавок, покращенню їх функціональних властивостей і підвищенню рівня безпеки. Такі добавки дають змогу зробити рівноцінну заміну дорожчої сировини, якої не вистачає.

Ключові слова: тваринні білки, рослинні білки, внесення, м'ясо птиці, функціональність.

Постановка проблеми. Сьогодні виробники м'ясних продуктів працюють у складних ринкових умовах, адже, крім вирішення проблем виробництва і безпеки продуктів харчування, вимушені враховувати ще й те, що споживачі вимагають не тільки високої якості виробів, але й високої харчової цінності.

Відомо, що сучасна харчова промисловість застосовує багато різноманітних способів поліпшення якості харчових продуктів та удосконалення технологічних процесів, але найбільш економічно вигідним і легким у застосуванні залиша-

ється використання харчових добавок. Сучасний ринок пропонує великий асортимент добавок, які обираються згідно з технологічними функціями [1].

У зв'язку з дефіцитом м'ясної сировини широкого застосування набули білки рослинного і тваринного походження. Ці добавки застосовують при виготовленні всіх видів м'ясних продуктів, в тому числі делікатесних, варених виробів тощо. Це сприяє розширенню асортименту запропонованих добавок, покращенню їх функціональних властивостей і підвищенню рівня безпечності. Такі добавки дають змогу зробити рівноцінну заміну дорогоцінної сировини, якої не вистачає.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перспективними для використання як стабілізуючого агента є тваринні білки, у тому числі з м'яса птиці та м'ясо механічного обвалювання (ММО). Це обумовлено тим, що промислове птахівництво — одна з небагатьох галузей тваринництва, яка дуже стрімко розвивається і є важливим постачальником сировини як для виробників ковбасних виробів, так і для постачальників допоміжної сировини.

На підставі цього постає завдання із забезпечення вітчизняних виробників м'ясної продукції високоякісними інгредієнтами.

До білоквмісних добавок рослинного походження відносяться: зернові, зернобобові, олійні. Серед рослинних білків найбільш широко використовують соєві, цільове призначення яких — зниження собівартості готової продукції та стабілізація рецептури. Білкові препарати з рослинних культур випускають у вигляді: рослинного борошна, рослинних текстуратів, білкових концентратів і білкових ізолятів. Тваринні білки можна класифікувати на: молочні білки, яєчні білки, колагенові та білки крові, це обумовлює різноманітність технологічних процесів і широкий діапазон застосування порівняно з соєвим аналогом. Також тваринні білки переважають рослинні за біологічною цінністю, вони краще збалансовані за амінокислотним складом, є добрим емульгатором, дають змогу переробляти малоцінну жировмісну сировину, покращують консистенцію і пластичність фаршу тощо [2; 3].

Розробками вітчизняних і зарубіжних науковців підтверджена актуальність використання рослинних і тваринних білків у технології м'ясних продуктів.

Такими є білкові препарати, які володіють достатнім ступенем розчинності у водній фазі фаршу, гелеутворюючими і емульгуючими властивостями. В. М. Пасічний, І. М. Страшинський, О. П. Фурсік займалися створенням функціональної харчової композиції на основі білків рослинного та тваринного походження із застосуванням харчових добавок [4; 5].

У західних країнах працюють над розвитком нових, привабливих продуктів харчування. Так, вчені з Нідерландів Konstantina Kyriakopoulou, Birgit Dekkers, Atze Janvan der Goot працюють над створенням аналогів м'яса рослинного походження, їхнього виробництва та подальшого розвитку [6]. Дослідники з Ірландії з кафедри якості та сенсорної науки розглядають можливості та перспективи використання спільної продукції в м'ясної промисловості [7]. Anne Maria Mullen та інші вивчають відновлення білків з продуктів переробки м'яса [8; 9].

Також вивченням білкових препаратів і харчових добавок у м'ясній промисловості займаються такі вчені: Г. В. Гуринович, Н. Н. Потіпаєва, В. М. Позняковський [10].

М. М. Полумбрик і В. М. Пасічний вважають, що внесення гелеподібних білоквмісних композицій у фаршеві системи забезпечує вищі показники органолептичної оцінки готових виробів, ніж при виготовленні м'ясних продуктів з додаванням порошкоподібних стабілізаторів. Слід відзначити, що ряд вчених займається вивченням і застосуванням колагенового яловичого білка при виготовленні варених ковбасних виробів, що дає змогу стабілізувати частки жиру, які фіксуються в набухлій білковій структурі та у вигляді стабільної емульсії утримує жирові бульбашки і воду.

Так, наприклад «Білкозин» — колагеновий яловичий білок, який володіє достатнім ступенем розчинності у водній фазі фаршу гелеутворюючими й емульгуючими властивостями. Цей компонент сприяє зниженню втрат вологи при термообробці та зберіганні. Нейтральний рівень рН і запах дають змогу змішувати його з різними інгредієнтами на різних етапах виробництва ковбасних виробів, такими як рослинні, тваринні, круп'яні наповнювачі і карагенани [11].

Однією з умов ефективності застосування гідроколоїдів у харчових системах є їх повне розчинення, що залежить від хімічної природи. Навіть у невеликій кількості гідроколоїди значно покращують і зберігають структуру готових продуктів, надаючи їм при цьому покращені органолептичні характеристики. Вони виступають як стабілізатори та вологоутримувальні агентів [12].

Учені європейських країн, насамперед, Франції, займаються вивченням культивованих або придатних для обробітку рослин, які могли б бути вигідним джерелом білків разом із соєю. Так, досягнуто великих успіхів в екстрагуванні рослинних білків, що входять до складу різних сумішей у формі ізолятів.

Мета статті полягає в тому, щоб показати взаємодію рослинних і тваринних білків на модельних системах у різних умовах та в розробці композицій для ковбасних виробів (або технології ковбасних виробів) з частковою заміною м'ясної сировини рослинними й тваринними білками.

Викладення основних результатів дослідження. Як об'єкти дослідження використовувалось: сушене м'ясо механічного обвалювання птиці (сухий білковий концентрат), Мерго 85 (голландського виробника) — тваринний білок з великої рогатої худоби і Sunprotein (США) — рослинний білок. Застосовувалися такі методи досліджень: мікробіологічні, функціонально-технологічні та сенсорні дослідження. Експериментальна частина проводилась в Одеській національній академії харчових технологій на кафедрі технології м'яса, риби і морепродуктів і на кафедрі біохімії, мікробіології та фізіології харчування.

Першим етапом дослідження було визначення раціональної масової частки створеної добавки у таких співвідношеннях рослинного і тваринного білка: 1—100/100, 2—20/80, 3—80/20, 4—30/70, 5—70/30, 6—40/60, 7—60/40.

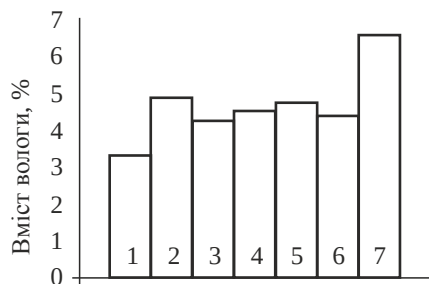


Рис. 1. Вміст води в добавці: 20:80 — співвідношення рослинного і тваринного білка, далі відповідно

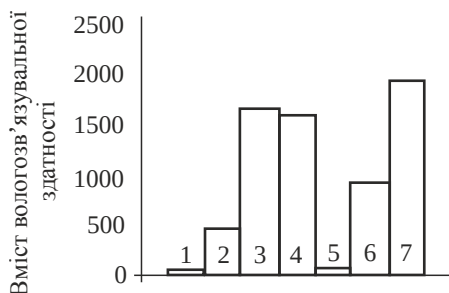


Рис. 2. Вміст вологозв'язувальної здатності добавки: 20:80 — співвідношення рослинного і тваринного білку, далі відповідно

Результат визначення вмісту води та вологозв'язувальної здатності добавки у різних співвідношеннях відрізняється, що пов'язано з їх складом, властивостями та взаємодією між собою.

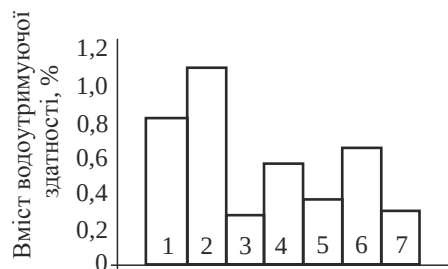


Рис. 3. Вміст водоутримувальної здатності добавки: 20:80 — співвідношення рослинного і тваринного білка, далі відповідно

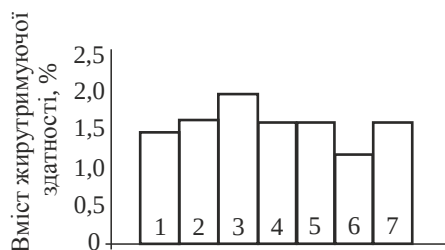


Рис. 4. Вміст жирутримувальної здатності добавки: 20:80 — співвідношення рослинного і тваринного білку, далі відповідно

Здатність білків утримувати жир і воду залежить не лише від особливостей амінокислотного складу і структури, але й від фракційного складу, способу обробки, рН середовища, температури і наявності вуглеводів, ліпідів та інших білків.

Порівнюючи всі досліджувані зразки добавки, слід зазначити, що найвища водоутримувальна здатність виявлена у масовому співвідношенні 20:80 рослинного й тваринного білка, а жирутримувальна здатність у масовому співвідношенні 80:20 і 20:80 відповідно.

Висока здатність білків утримувати воду підвищує вихід останніх, подовжує терміни зберігання і покращує текстуру. Висока жирутримувальна здатність білків забезпечує ніжну й однорідну текстуру виробів, виключає відділення жиру, зморщування виробів, зменшує втрати під час варіння і смаження.

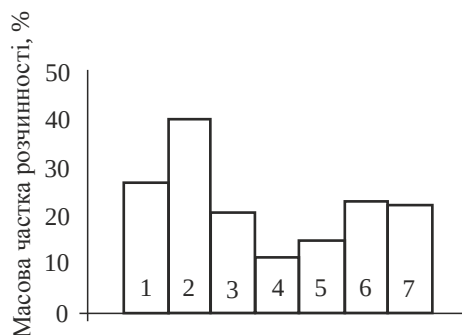


Рис. 5. Залежність розчинності від концентрації рослинного і тваринного білка

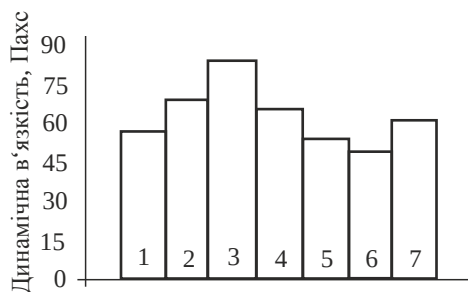


Рис. 6. Залежність в'язкості від концентрації рослинного і тваринного білка

Розчинність є первинним показником оцінки функціональних властивостей білків, тому важливо, щоб цей показник був високим. Відмінності в розчинності білків харчової сировини лежать в основі технологічних процесів виділення ізолятів та концентратів і безпосередньо стосуються якості багатьох харчових продуктів. Важливе значення розчинність білків має для підвищення якості харчових продуктів, у виробництві яких передбачений їх гідроліз (автоліз) і денатурація (початкові технологічні стадії, висушування і зберігання). Втрата розчинності, як правило, супроводжується зміною інших важливих функціональних властивостей, що значною мірою позначається на якості продуктів і ступені перетравлюваності білка в шлунково-кишковому тракті.

У масовому співвідношенні 20:80 рослинного і тваринного білка, відповідно, спостерігаємо найкращу розчинність, що буде сприяти кращим функціонально-технологічним властивостям. На основі отриманих даних було обрано раціональну масову частку добавки у співвідношенні 20:80 рослинного й тваринного білка. Далі дослідження проводились за отриманою композицією інгредієнтів.

Для отримання повної фракції водорозчинних або саркоплазматичних білків, а також для підтримання сталого рН середовища використовували буфер з рН 4,1 і рН 6,55.

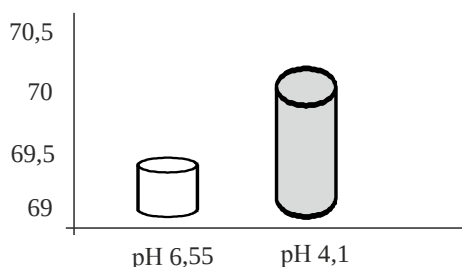


Рис. 7. Зміна масової частки води зразків залежно від буферного розчину

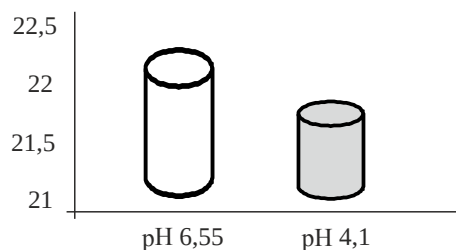


Рис. 8. Зміна вологов'язувальної здатності зразків залежно від буферного розчину

Отриманні дані свідчать, що використання буферного розчину з рН 6,55 може значно покращити функціонально-технологічні властивості емульсова-

них продуктів (ковбас, делікатесних виробів, напівфабрикатів тощо). Підлужування середовища викликає підвищення кількості функціональних груп, здатних зв'язувати вологу, що викликає розчинення міофібрилярних білків.

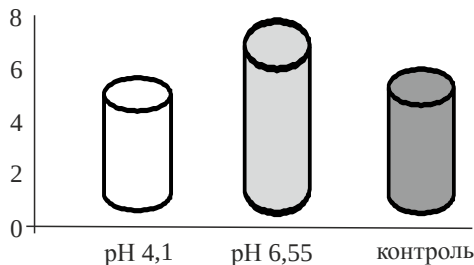


Рис. 9. Вплив рН буфера розчину на в'язкість добавки

Аналіз даних підтвердив, що при гідратації буферним розчином з рН 6,55 показники в'язкості збільшились, якщо порівняти з буферним розчином з рН 4,1 та контролем (водопровідна вода). Такий ефект можна пояснити кращими властивостями буферного розчину з рН 6,55 як розчинника.

Висновки

1. На підставі аналізу науково-технічної літератури проаналізовано використання білків рослинного і тваринного походження, доведено актуальність (доцільність) формування (створення) нових композиції шляхом комбонування тваринного і рослинного білка.

2. Обґрунтовано вибір раціональної масової частки внесення добавки у співвідношенні 20:80 рослинного і тваринного білка відповідно. Доведено, що саме у такому співвідношенні найвищі функціонально-технологічні властивості створених композицій.

3. Визначено функціонально-технологічні показники (вологозв'язувальна, водоутримувальна, жирутримувальна здатності), розчинність і в'язкість білкового наповнювача.

4. Показано можливість використання білків м'яса птиці з різних анатомічних частин як гарного структуроутворювача та білкового наповнювача для ковбасного виробництва.

5. Аналіз комплексних досліджень підтверджує, що використання композиції шляхом комбонування тваринного й рослинного білка дає змогу переробляти малоцінну сировину, робити рівноцінну заміну дорогоцінної сировини, що збільшує вихід та знижує собівартість продукту.

Перспективним є проведення досліджень, спрямованих на використання композицій білків рослинного і тваринного походження у технологіях виробництва ковбасних виробів із м'яса птиці.

Література

1. Семенова А. А. О технологической практике применения пищевых добавок в мясной промышленности. *Все о мясе*. 2009. № 1. С. 17—24.
2. Потипаева Н. Н. Пищевые добавки и белковые препараты для мясной промышленности: учебное пособие. Кемерово, 2008. С. 101—158.

3. Камсуліна Н. В., Ільдїрова С. К., Большакова В. А. Альтернативні джерела білка в технологіях ковбасних виробів. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2010. Вип. 2. С. 338—346
4. Іванов С. В., Пасічний В. М. Вплив нанокompозиту на функціональні показники білкових препаратів рослинного походження: зб. наук. пр. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Вінниця, 2014. № 2(112). С. 74—78.
5. Іванов С. В., Пасічний В. М. Вплив нанокompозиту на функціональні показники білкових препаратів тваринного походження. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології імені С. З. Гжицького*. Львів, 2014. Т. 16. № 3(60). С. 57—61.
6. Konstantina Kyriakopoulou, Birgit Dekkers, Atze Janvan der Goot. Plant-Based Meat Analogues. *Sustainable Meat Production and Processing*. 11 January 2019. Chapter 6. P. 103—126.
7. Prabhu G. A. Utilization of Pork Collagen Protein in Emulsified and Whole Muscle Meat Products. *Journal of Food Science*. 2004. Vol. 69. № 5. P. 388—392.
8. Sarah A. Lynch, Anne Maria Mullen, Eileen O'Neill, Liana Drummond, Carlos Álvarez. Opportunities and perspectives for utilisation of co-products in the meat industry. *Meat Science*. Vol. 144. October 2018. P. 62—73.
9. Liana Drummond, Carlos Álvarez. Chapter 4-Proteins Recovery From Meat Processing Coproducts. *Sustainable Meat Production and Processing*. 2019. P. 69—83.
10. Гуринович Г. В., Потіпаєва Н. Н., Позняковский В. М. Белковые препараты и пищевые добавки в мясной промышленности. Монография. Москва. 2005. 362 с.
11. Пасічний В. М., Полумбрик М. М. Внесення колагенвмісних сумішей у фаршеві системи. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького*, Львів. 2016. Т. 18, № 2(68). С. 150—152.
12. Williams P. A., Phillips G. O. Introduction to food hydrocolloids. *Handbook of Hydrocolloids*. Elsevier. 2009. P. 1—22.

JUSTIFICATION OF PRESCRIPTION COMPOSITION OF WHEAT BREAD WITH THE ADDITION OF SEMI-FINISHED PRODUCT “MASS FOR MOLDING”

L. Tovma

National Academy of the National Guard of Ukraine

V. Evlash

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

O. Konovalova

Luhansk National Agrarian University

Key words:

*Bread made from wheat flour
Recipe
Semi-finished product
“Mass for molding”
Properties
Quality*

Article history:

Received 03.10.2019
Received in revised form 17.10.2019
Accepted 08.11.2019

Corresponding author:

V. Evlash

E-mail:

evlashvv@gmail.com

ABSTRACT

For the purpose of development of the compounding composition of wheat bread “Selianskyi” the samples of baked wheat bread with a mass fraction of semi-finished product “Mass for forming” of 2.5 and 5.0% by weight of flour were used, which was brought into the dry form when kneading the dough. To determine the organoleptic (5-point scale, taking into account the coefficients of weight of each indicator), physicochemical (titrated acidity, mass fraction of moisture, specific volume, porosity), microbiological (microbial contamination: the number of mesophilic aerobic and optional anaerobic microorganisms (grams); the presence of bacteria of the group of “*Escherichia coli*”; detection of *Staphylococcus aureus*, *Proteus* and other pathogenic microorganisms (pathogens, including bacteria of the genus *Salmonella*, in 25 g; structural-mechanical (elasticity, %; modulus of elasticity E, PA; shrinkage,%)) indicators conventional and standard methods were used. It was established that the introduction of the semi-finished product “Mass for forming” in prototypes of wheat bread in the amount of 2.5 and 5.0% by weight of flour compared to the control sample improves its organoleptic properties: taste, color, porosity and crumb condition, except of the sample with the addition of 5.0%, which does not improve the porosity of the crumb. Other indicators were improved. Bread samples with a mass fraction of additives of 2.5%, were characterized by the highest rates, which were kept for 12 days. Molding also reduces the titrated acidity of wheat bread samples by 0.5°T and the crumb moisture by 2%, increases the specific volume by 1.12% and the crumb porosity by 8% compared to the control sample. The decrease in contamination in experimental samples of bread from wheat by microorganisms for molds was by 4.0—4.5 times, and for yeast — by 2.0—3.0 times.

The rational content of semi-finished product 4 “Mass for molding” in bread composition was determined. The recipe of bread from wheat of the first grade “Souznyi” was developed with the addition of “Mass for forming” in the amount of 2.5% by weight of flour.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-6-30

ОБГРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО З ДОДАВАННЯМ НАПІВФАБРИКАТУ «МАСА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ»

Л. Ф. Товма

Національна академія Національної гвардії України

В. В. Євлаш

Харківський державний університет харчування та торгівлі

О. В. Коновалова

Луганський національний аграрний університет

З метою розробки рецептурного складу хліба пшеничного «Селянський» як предмет досліджень використовували зразки випеченого хліба пшеничного з масовою часткою напівфабрикату «Маса для формування» 2,5 та 5,0% до маси борошна, який вводили в сухому вигляді при замішуванні тіста. Для визначення органолептичних (за 5-бальною шкалою з урахуванням коефіцієнтів вагомості кожного показника), фізико-хімічних (титрованої кислотності, масової частки вологи, питомого об'єму, пористості), мікробіологічних (мікробне забруднення: кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАМ, КУО / г); наявність бактерій групи кишкових паличок (БГКП (коліформи), в 0,001 г); виявлення золотистого стафілококу, протей та інших патогенних мікроорганізмів (патогенні мікроорганізми, у т. ч. бактерії роду *Salmonella*, в 25 г) тощо), структурно-механічних (еластичність, %; модуль еластичності E , Па; усадка, %) показників було використано загальноприйняті та стандартні методики.

Встановлено, що введення напівфабрикату «Маса для формування» в дослідні зразки хліба пшеничного в кількості 2,5 та 5,0% до маси борошна порівняно з контролем, покращує його органолептичні властивості: смак, колір, пористість і стан м'якушки, за винятком зразка з додаванням 5,0%, в якому не покращується пористість м'якушки. Інші показники поліпшуються.

Найбільш високими показниками характеризувалися зразки хліба з масовою часткою добавки 2,5%, які він зберігав протягом 12 діб. «Маса для формування» також зменшує титровану кислотність зразків хліба пшеничного на 0,5 °Т і вологість м'якушки на 2%, збільшує питомий об'єм на 1,12% і пористість м'якушки на 8% порівняно з контролем. Виявлено зменшення забрудненості дослідних зразків хліба пшеничного мікроорганізмами для пліснявих грибів — в 4,0—4,5 раза, а для дріжджів — в 2,0—3,0 рази.

Визначено раціональний вміст напівфабрикату «Маса для формування» у складі хліба. Розроблено рецептуру хліба із борошна пшеничного першого сорту «Союзний» з додаванням «Маси для формування» у кількості 2,5% до маси борошна.

Ключові слова: хліб із борошна пшеничного, рецептура, напівфабрикат «Маса для формування», властивості, якість.

Постановка проблеми. Якість основної та додаткової сировини, що використовується в хлібопекарному виробництві, відображається на якості гото-

вого продукту — хліба, який є повсякденним продуктом споживання всіх верств населення і повинен відповідати фізіолого-гігієнічним потребам організму людини [1—3]. На жаль, використання борошна із зниженими властивостями, застосування недосконалих технологій призводять до погіршення якісних показників хліба [4; 5]. До недоліків традиційного хліба можна віднести підвищений вміст вуглеводів, вміст білка низької біологічної цінності, недостатню пористість, короткий термін зберігання. Аналіз ринку показав відсутність хлібобулочних продуктів тривалого зберігання, що не містять хімічних консервантів, недостатнє задоволення потреб населення в хлібних výroбах лікувально-профілактичного призначення [6]. Тому в сучасних умовах вирішення проблеми збереження якості та споживчих властивостей хліба пшеничного в процесі реалізації і зберігання є актуальним, а пошук напрямків, що забезпечують високоякісні органолептичні та фізико-хімічні показники, є нагальним завданням.

Слід також зазначити, що до теперішнього часу не знайшли вирішення такі об'єктивні технологічні властивості, притаманні борошну пшеничному як основній сировині — сила борошна, яка визначається силою клейковини і впливає на якість готових виробів. За даними [4], близько 50% від загального обсягу борошна, що переробляється хлібопекарними підприємствами, має знижені властивості. В промисловості для вирішення цих проблем і розширення асортименту та покращення якості хліба, регулювання параметрів технологічних процесів використовують харчові добавки-поліпшувачі рослинного, тваринного, хімічного, мікробіологічного походження, які поряд з перевагами мають ряд недоліків. Найбільш поширеним їх негативним впливом на хліб є: значна крихкуватість і недостатня еластичність м'якушки, низька функціональність щодо текстури і фізико-хімічних властивостей хліба, зниження виходу готового продукту. Це дає можливість констатувати, що такі добавки не володіють комплексною дією [3]. Для формування необхідних функціонально-технологічних властивостей хліба із борошна пшеничного «Союзний» може бути запропонований напівфабрикат «Маса для формування» [ТУ У 10.8-41009811-001:2017], який представляє собою борошно із безлускового ядра насіння соняшнику після віджимання олії. Його використання дає можливість скоригувати функціонально-технологічні та фізико-хімічні властивості, знизити трудомісткість технологічного процесу й собівартість кінцевого продукту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах для поліпшення функціонально-фізіологічних властивостей у технологіях хлібобулочної продукції використовуються харчові добавки різного походження: ферментні добавки, модифіковані крохмали, насіння, висівки, сироватка та інші наповнювачі [14—17].

Автори [17; 18; 20—31] зробили значний внесок у створення інноваційних технологій формування асортименту хлібобулочних виробів на ринку країни.

Аналіз літературних джерел [13—16] підтверджує позитивний вплив добавок тваринного походження на основі молока та продуктів його переробки на властивості тіста і якість хліба, але їх використання стає економічно недоцільним через дороговизну цієї сировини. Для збагачення хлібопекарських виробів рослинним білком використовують сою [34; 35], але 80% її є генномодифікованим продуктом. Відомі технології з використанням яєць, водоростей, нуту для покращення якісних показників хліба [36—39], але вони виявляють

негативну дію на якісні показники: еластичність тіста, вологість і кислотність м'якушки, формостійкість, вихід готового продукту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій [19; 20; 27—36] показав, що вимоги сьогодення потребують удосконалення технології виробництва хліба з метою підвищення біологічної цінності, створення інноваційного продукту із заданими функціонально-технологічними властивостями.

Однак використання в технологіях хліба поліпшувачів і харчових добавок повинно відповідати медико-біологічним вимогам. А тому актуальним є введення в рецептурний склад напівфабрикату «Маса для формування» [41], який виготовлений шляхом подрібнення відходів виробництва з насіння соняшнику після очищення від лушпиння та віджимання олії з їх ядер. Напівфабрикат володіє рядом властивостей, а саме: вологозв'язувальними, вологостримувальними, антиоксидантними, бактеріостатичними. Він є додатковим джерелом повноцінного білка, дає змогу інтенсифікувати технологічний процес виробництва, підсилює клейковину, покращує та підвищує якість готової продукції.

Державною випробувальною лабораторією Харківського регіонального науково-виробничого центру стандартизації, метрології та сертифікації були проведені дослідження зразків продукції маси для формування на відповідність вимогам:

- ТУ У 10.8-41009811-001:2017 «Маси для формування. ТУ»;

- ДСанПіН 8.8.1.2.3.4.-000-2001 «Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті».

У табл. 1 наведені результати випробувань маси для формування на вміст токсичних речовин, залишкових кількостей пестицидів, мікотоксинів, патогенних мікроорганізмів та алергенів (протокол випробувань 32480/Д від 03.05.2017)

Таблиця 1. Показники безпечності напівфабрикату «Маса для формування» на відповідність вимог Державних санітарних правил і норм ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000 (Р=0,95)

Назва показника	Значення показника за нормативною документацією	Результат випробувань
1	2	3
Вміст токсичних елементів, мг/кг		
Свинець	Не більше 1,0	0,05
Кадмій	Не більше 0,5	0,27
Ртуть	Не більше 0,03	0,006
Миш'як	—	0,08
Вміст залишкових кількостей пестицидів		
ГХЦГ (сума ізомерів)	Не більше 0,5	Менше 0,001
γ-ГХЦГ	Не більше 0,5	Менше 0,001
ДДТ (сума метаболітів)	Не більше 0,125	Менше 0,001
ДДТ	Не більше 0,125	Менше 0,001
Алдрин	Не допускається	Менше 0,001
Гептахлор	Не допускається	Менше 0,001
Вміст мікотоксинів, мг/кг		
Афлатоксин В ₁	Не більше 5,0	Менше 1,0

Продовження таблиці 1.

1	2	3
Мікробіологічні показники		
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i>	Не допускаються в 25 г	Не виявлені
Алергени		
Масова частка глютену, мг/кг Безглютенові продукти (gluten-free)	Менше 20*	Менше 5
Продукти із зниженим вмістом глютену (very low gluten)	20—100**	

Примітка:* Нормативні значення наведені з CODEX STAN 118-1979, ALINORM 08/31/26 para 64, appendix III.

** МВ фірми-виробника до тест-системи «RIDASCREENR Gliadin» Art. № R7001.

Особливістю насіння соняшнику є високий вміст антиоксидантних сполук, а саме: токоферолів і фенольних сполук. Основними складовими фенольних сполук насіння соняшнику є різні кислоти, але інтерес становить хлорогенова кислота (ХГК) [40]. Вона позитивно діє на деякі обмінні процеси в організмі людини, але виявляє негативний вплив на органолептичні показники хліба пшеничного, який проявляється в зеленуватій пігментації білків, що виникає в процесі виготовлення виробів. Тому для забезпечення кольору готового продукту важливо визначити раціональний вміст напівфабрикату «Маса для формування» в рецептурі хліба пшеничного.

Метою досліджень є обґрунтування доцільності внесення напівфабрикату «Маса для формування» до складу хліба пшеничного та розробка рецептурної композиції нового продукту.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в умовах лабораторії кафедри харчових та хімічних технологій Української інженерно-педагогічної академії, м. Харків. Об'єкт дослідження — технологія хліба пшеничного. Предмет дослідження — дослідні зразки хліба пшеничного з різним вмістом напівфабрикату «Маса для формування» [ТУ У 10.8-41009811-001:2017]. Маси для формування; висновок ДСЕС № 515 від 17.02.2017 та зміна №1:2017 до ТУ У 10.8-41009811-001:2017. Маси для формування — код за ДКПП 10.89.19].

Дослідження проводили на зразках хліба з борошна пшеничного першого сорту — пшеничний хліб ДСТУ-П 4583:2006 та ДСТУ 7517:2014 з показниками якості: вологість м'якушки — не більше 50,0%; кислотність не більше — 5,5°; пористість — не менше 57,0% з додаванням напівфабрикату «Маса для формування» в кількості 2,5 та 5% до маси борошна у вигляді порошку (табл. 7). Напівфабрикат додавали в рецептурну суміш дослідних зразків хліба, змішуючи його з борошном пшеничним у тістомісильному агрегаті та додаючи решту інгредієнтів: дріжджову суспензію, розчин солі, воду. Тривалість процесу замішування тіста становила (15—20) х 60 с.

У процесі виконання випробувань дослідних зразків використовувалися стандартні методи дослідження згідно з ДСТУ-П 4583:2006 та ДСТУ 7517:2014.

Викладення основних результатів дослідження. Напівфабрикат «Маса для формування» володіє значними функціонально-технологічними властивостями: вологозв'язувальною, вологоутримувальною, антиоксидантною, комплексуютьовуючою, бактеріостатичною здатністю, а також є додатковим джерелом білка [41].

Маси для формування представляють собою натуральні продукти, що не містять глютену, призначені для використання як напівфабрикати для подальшої промислової переробки при виробництві кондитерських, хлібобулочних, м'ясних виробів, продукції харчоконцентратної промисловості, майонезів, кетчупів, наповнювачів, паст, йогуртів, як часткова заміна пшеничного борошна, для січених, рибних і паштетних виробів, і за технологічною необхідністю, з подальшою термічною обробкою при виготовленні супів, каш, пудингів та інших страв у домашніх умовах або в закладах громадського харчування.

Напівфабрикат призначений для реалізації в оптовій і роздрібній торговельній мережі та в мережі ресторанного господарства. Залежно від сировини, що використовується, маси для формування випускають у такому асортименті:

- маса для формування смажена з масовою часткою жиру не більше 25%, не містить глютену;
- маса для формування несмажена з масовою часткою жиру не більше 23%, не містить глютену;
- маса для формування несмажена з масовою часткою жиру не більше 45%, не містить глютену;
- маса для формування кондитерська, не містить глютену [41].

У табл. 2 наведені дані про поживну й енергетичну цінність (калорійність) у 100 г напівфабрикату «Маса для формування» з різною масовою часткою жиру.

Таблиця 2. Інформаційні дані про поживну (харчову) та енергетичну цінність (калорійність) у 100 г продукту

Назва продукції	Вміст, г			Енергетична цінність (калорійність) ккал (кДж)
	Білки	Жири	Вуглеводи	
Маса для формування, не смажена з масовою часткою жиру не більше 23%, не містить глютену	40,0	23,0	21,0	450,6 (1885)
Маса для формування, не смажена з масовою часткою жиру не більше 45%, не містить глютену	23,0	45,0	16,0	561,0 (2300)
Маса для формування, смажена з масовою часткою жиру не більше 25%, не містить глютену	40,0	25,0	20,0	465,0 (1946)
Маса для формування кондитерська, не містить глютену	37,0	11,0	41,0	411,0 (1720)

Для створення рецептурної композиції нового продукту використовували напівфабрикат «Маса для формування», смажена з масовою часткою жиру не більше 25%, не містить глютену, виробник ТОВ «НАУТЕХ ПЛЮС», Україна.

У табл. 3 наведені фізико-хімічні показники маси для формування з масовою часткою жиру не більше 25%, не містить глютену (протокол випробувань, проведених Державною випробувальною лабораторією, № 32480/Д від 03.05.2017 та результати аналізу № 429/39117 від 23.05.2017, проведеного Харківською лабораторією фармакопейного аналізу)

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники напівфабрикату «Маса для формування» з масовою часткою жиру не більше 25%

Показник	Масова частка в перерахунку на суху речовину, %
Сирий протеїн	42,17±1,27
Сирий жир	25,67±0,77
Сира клітковина	11,87±0,36
Крохмаль	12,53±0,38
Хлорогенова кислота	0,3±0,009
Вітамін Е, сумарно, мг%	15,4±0,46
Глютен, мг/кг	менше 5
Волога і леткі речовини	8,2±0,25
Глюкоза	0,86±0,03
Фруктоза	0,16±0,005

Як видно з табл. 3, маса для формування містить значну кількість білка (42,7±1,27%) та жиру (25,67±0,77%). Привертає увагу вміст антиоксидантів: хлорогенова кислота — 0,30±0,009%, яка впливає на обмін щавлевої кислоти в організмі людини і запобігає подагрі, та вітаміну Е — 15,4±0,46 мг %. Надзвичайну цінність цього продукту визначає вміст глютену, масова частка якого становить менше 5 мг/кг, що дає змогу віднести масу для формування до безглютенових продуктів (безглютеновими вважаються продукти, в яких його вміст менше 20 мг/кг).

Харківською лабораторією фармакопейного аналізу проведено аналіз олії, що містить маса для формування (сертифікат № 410/39017 від 19.05.2017). У табл. 4 наведено якісні показники соняшникової олії, що міститься в масі для формування за жирно-кислотним складом.

Таблиця 4. Жирно-кислотний склад олії соняшнику, що міститься в напівфабрикаті «Маса для формування»

Показник	Вимоги ГОСТ 30623-98 «Олії рослинні та маргарина продукція»	Результати аналізу
1	2	3
Жирно-кислотний склад	Міристинова кислота: не більше 0,2%	0,07
	Пальмітинова кислота: 5,6—7,6%	5,96
	Пальмітолеїнова кислота: не більше 0,3%	0,07
	Стеаринова кислота:	2,7—6,5
	Олеїнова кислота: 14—39,4%	24,13
	Лінолева кислота: 18,3—74%	65,44

Продовження таблиці 4.

1	2	3
Жирно-кислотний склад	Ліноленова кислота: не більше 0,2%	0,07
	Арахідонова кислота: 0,2—0,4%	0,21
	Гадолейнова кислота: не більше 0,2%	0,14
	Бегенова кислота: 0,5—1,3%	0,64
	Ерукова кислота: не більше 0,2%	Менше 0,2
	Докозадейнова кислота: не більше 0,3%	Менше 0,01
	Лігноцерінова кислота: 0,2—0,3%	0,24

Як видно з табл. 4, олія соняшнику, виробник ТОВ «НАУТЕХ ПЛЮС», Україна, відповідає вимогам ГОСТ 30623-98 «Олії рослинні та маргаринова продукція». Привертає увагу високий вміст таких важливих у харчуванні людини кислот, як олеїнової, лінолевої та арахідонової. Їх вміст у перерахунку на масову частку сирого жиру становить, відповідно: 6,19%, 16,8% та 0,05%.

Оскільки напівфабрикат «Маса для формування» — це сировина рослинного походження, Державною випробувальною лабораторією Харківського регіонального науково-виробничого центру стандартизації, метрології та сертифікації були проведені дослідження зразків продукції маси для формування на вміст генетично модифікованих організмів (протокол випробувань № 2480/Д-доп від 28.04.2017). Дані наведено в табл. 5.

Таблиця 5. Вміст генетично модифікованих організмів у масі для формування

Назва показника	Результат випробувань	Нормативна документація на методи випробувань
Вміст генетично модифікованих організмів		
Наявність цільової специфічної послідовності ДНК рослин	Виявлена	ДСТУ ISO 21569:2008
Наявність цільової специфічної послідовності ДНК промотору 35S (П-35S), вірусу мозаїки цвітної капусти (<i>CaMV</i>) або промотору 35S (П-35S) вірусу мозаїки щорічника (<i>P-FMV</i>)	Не виявлена	ДСТУ ISO 21569:2008
Наявність цільової специфічної послідовності ДНК термінатору NOS (T-NOS) T 1 плазміді <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Не виявлена	ДСТУ ISO 21569:2008

Межа визначення методів 0,1% (ERM-BF410b). Чутливість тест-систем — не менше 0,01%.

Як видно з табл. 5, маса для формування не містить генетично модифіковану дезоксирибонуклеїнову кислоту, що має цільові послідовності промотору 35S та NOS-термінатора.

Отже, маса для формування володіє високою харчовою і біологічною цінністю, що дає змогу використовувати її як харчовий інгредієнт при розробці рецептур харчових продуктів, зокрема в хлібопекарному виробництві.

Досліджувалися зразки хліба пшеничного:

- зразок 1 контрольний — пшеничний хліб ДСТУ-П 4583:2006 та ДСТУ 7517:2014 з показниками якості: вологість м'якушки — не більше 50,0%; кислотність не більше — 5,5°; пористість — не менше 57,0%;

- зразок 2 — пшеничний хліб з додаванням маси для формування у кількості 2,5% до маси борошна у вигляді порошку;

- зразок 3 — пшеничний хліб з додаванням маси для формування у кількості 5,0% до маси борошна у вигляді порошку.

Зразки витримували в приміщенні при температурі $(7 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. Через 24, 72, 288 годин від зразків відбиралися проби для проведення досліджень.

Дослідження органолептичних властивостей хліба пшеничного з використанням напівфабрикату «Маса для формування». Органолептичні показники якості хліба значно впливають на споживчу потребу продукції. Для обґрунтування масової частки напівфабрикату «Маса для формування» в рецептурі хліба пшеничного проведена їх органолептична оцінка за 5-бальною шкалою з урахуванням коефіцієнтів вагомості кожного показника. При цьому оцінювалися такі показники: зовнішній вигляд (форма, стан поверхні, колір), стан м'якушки (пропеченість, проміс, пористість), смак, запах. Результати органолептичних випробувань наведено в табл. 6.

Таблиця 6. Оцінка органолептичних показників дослідних зразків пшеничного хліба, збагаченого напівфабрикатом «Маса для формування» порівняно з контрольним зразком

Зразки пшеничного хліба	Органолептичні показники пшеничного хліба				
	Смак	Колір	Пористість	Зовнішній вигляд і поверхня хліба	Запах
Зразок 1, контрольний	5	4	4	5	4
Зразок 2	5	5	5	5	5
Зразок 3	5	4,5	4	5	5

З даних випробувань (табл. 6) випливає, що застосування маси для формування при виробництві пшеничного хліба сприяє поліпшенню його органолептичних властивостей: смаку, кольору, пористості та стану м'якушки. Тільки при введенні маси для формування в кількості 5,0% не покращується пористість м'якушки і вона набуває зеленуватого кольору. Інші показники поліпшуються.

Дослідження фізико-хімічних показників хліба пшеничного з використанням напівфабрикату «Маса для формування». Для оцінки впливу маси для формування на якість готових виробів були визначені фізико-хімічні показники дослідних зразків пшеничного хліба: масова частка води м'якушки, питомий об'єм, кислотність і пористість м'якушки.

У табл. 7 наведено фізико-хімічні показники дослідних зразків пшеничного хліба, збагаченого масою для формування, порівняно з контрольними зразками.

Таблиця 7. Оцінка впливу маси для формування на фізико-хімічні показники дослідних зразків пшеничного хліба

Кількість добавки маси для формування, мас. %	Фізико-хімічні показники			
	Вологість м'якушки, %, не більше	Кислотність м'якушки, град, не більше	Пористість, %, не менше	Питомий об'єм, см ³ /г
0	45,0	4,5	57,0	4,09
2,5	43,0	4,0	65,0	5,21
5,0	40,0	3,8	57,0	5,20

З табл. 7 видно, що фізико-хімічні показники кращі у зразків з масою для формування, причому перевага надається зразку з додаванням 2,5%. Це пов'язано, мабуть, із поверхнево-активними властивостями; волого- й жирутримувальною здатністю ліпідів та ліпо- і глікопротеїдів насіння соняшнику. Зменшення кислотності за вищого вмісту маси для формування (5,0%) незначне порівняно із зразком 2 з масовою часткою напівфабрикату 2,5%. Тому раціональною кількістю маси для формування можна вважати 2,5% до маси борошна.

Дослідження структурно-механічних властивостей м'якушки хліба з додаванням напівфабрикату «Маса для формування». Структурно-механічні властивості м'якушки хліба (еластичність, %; модуль еластичності E , Па; усадка, %) визначали шляхом вимірювання її пружно-еластичних властивостей на автоматизованому пенетрометрі АП-4/2. За допомогою цього приладу визначали загальну деформацію м'якушки хліба ($\Delta H_{\text{зар}}$), що характеризує його стиснення; пластичну деформацію ($\Delta H_{\text{пл}}$) або еластичність і пружну деформацію ($\Delta H_{\text{пр}}$), або усадку за методиками [7—9]. Для характеристики процесу черствіння хліба застосовували метод визначення модуля еластичності E , який характеризує глибину занурення конусоподібного індентора пенетрометра під навантаженням в м'якушку хліба [7—9].

Кризкуватість визначали у % крихт, що утворилися стосовно до маси взятої м'якушки [7—9]. Формостійкість (див. табл. 8) пшенично-житнього хліба визначали за формулою:

$$\Phi = H/P,$$

де H — висота, см; P — периметр, см.

Питомий об'єм ($V_{\text{пит.}}$, см³/г) визначали шляхом ділення величини об'єму хліба на його масу, виражали з точністю до 0,01 см³/г, причому об'єм хліба в см³ вимірювали за допомогою пристрою РЗ-БІО, який працює за принципом вимірювання об'єму сипучого наповнювача, витисненого хлібом (об'єм хліба вимірювали тричі) [7—9; 11].

Дослідження мікробіологічних показників хліба пшеничного з додаванням напівфабрикату «Маса для формування». Показник мікробіологічної безпеки є одним з найважливіших показників якості готового продукту харчування, оскільки він впливає безпосередньо на фізіологічний стан споживачів.

Перелік мікробіологічних показників, за якими проводили контроль якості готових хлібобулочних виробів, встановлювали, керуючись вимогами ДСП 4.4.5.078 і МБТ № 5061-89 [10—12]: кількість мезофільних аеробних і факу-

льтативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАМ, КУО / г); наявність бактерій групи кишкових паличок (БГКП (коліформи), в 0,001 г); виявлення золотистого стафілокока, протей та інших патогенних мікроорганізмів (патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду *Salmonella*, в 25 г) [10—12; 33; 34; 36; 37].

У табл. 8 наведено дані дослідження впливу маси для формування на крихкуватість, формостійкість і забрудненість спорами міцеліальних грибів (пеніцили, аспергіли, мукові тощо), які викликають пліснявіння хліба та хлібобулочних виробів.

Таблиця 8. Оцінка впливу маси для формування на крихкуватість, формостійкість і забрудненість спорами зигоміцетів дослідних зразків пшеничного хліба

Кількість добавки НС, мас. %	Показники якості				
	Крихкуватість м'якушки, %, відразу (через 12 діб)	Формостійкість відразу (через 3 доби)	Поява пліснявіння (при 7 °С) через		
			5 діб	10 діб	13 діб
0 (Зразок 1)	2,5 (6,5)	0,46 (0,42)	+	+	+
2,5 (Зразок 2)	2,0 (3,5)	0,60 (0,58)	—	—	+
2,5 (Зразок 3)	2,0 (3,5)	0,60 (0,58)	—	—	+
5,0 (Зразок 4)	1,8 (3,2)	0,58 (0,56)	—	+	+
5,0 (Зразок 5)	1,8 (3,2)	0,58 (0,56)	—	+	+

Збільшення питомого об'єму (табл. 7) і формостійкості (табл. 8) хліба, збагаченого масою для формування, пов'язане, ймовірно, зі здатністю компонентів насіння соняшнику (зокрема, ліпідів, глюколіпідів і ліпопротеїдів) до комплексотворення і кластеризації.

У табл. 9 наведені мікробіологічні показники дослідних зразків пшеничних хлібобулочних виробів відразу після випікання та після зберігання протягом 72 год і 10 діб (при визначенні спор бактерій *B. subtilis*).

Таблиця 9. Вплив маси для формування на мікробіологічні показники дослідних зразків пшеничного хліба порівняно з контролем у процесі зберігання

Найменування показників	Норматив	Дослідні зразки пшеничних хлібобулочних виробів		
		Контроль	Зразки 2,3	Зразки 4,5
1	2	3	4	5
КМАФАнМ, КУО/г, відразу/через 72 год	$1,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^3 / 1,2 \cdot 10^3$	$0,25 \cdot 10^3 / 0,30 \cdot 10^3$	$0,22 \cdot 10^3 / 0,26 \cdot 10^3$
<i>S.aureus</i> , відразу/через 72 год	не доз. в 1,0г	відс. в 1,0 г	відс. в 1,0 г	відс. в 1,0 г
БГКП, відразу/через 72 год	не доз. в 0,001г	відс. в 0,001г	відс. в 0,001г	відс. в 0,001г
<i>Proteus</i> , відразу/через 72 год	не доз. в 0,1г	відс. в 0,1 г	відс. в 0,1 г	відс. в 0,1 г
<i>Salmonella</i> , <i>L.monocytogenes</i> , відразу/через 72 год	не доз. в 25,0г	відс. в 25,0 г	відс. в 25,0 г	відс. в 25,0 г

Продовження таблиці 9.

1	2	3	4	5
Число спор бактерій <i>Bac. Subtilis</i> , КУО/г, відразу/через 72 год	$0,4 \cdot 10^3$	$0,20 \cdot 10^3 / 0,26 \cdot 10^3$	$0,15 \cdot 10^3 / 0,16 \cdot 10^3$	$0,13 \cdot 10^3 / 0,15 \cdot 10^3$
Число спор бактерій <i>Bac. Subtilis</i> , КУО/г, відразу/через 10 діб	$0,4 \cdot 10^3$	$0,20 \cdot 10^3 / 0,40 \cdot 10^3$	$0,15 \cdot 10^3 / 0,20 \cdot 10^3$	$0,13 \cdot 10^3 / 0,17 \cdot 10^3$

Отримані дані підтверджують антимікробну дію харчової добавки маси для формування і мікробіологічну безпечність дослідних зразків пшеничного хліба, збагаченого масою для формування, та відповідність встановленим для цього виду продукції нормативам [10—12].

Напівфабрикат «Маса для формування» виявляє бактеріостатичну дію відносно клітин дріжджів і пліснявих грибів, причому кількість «Маси для формування» 2,5% (зразок 2) є раціональною та достатньою для реалізації цієї функції.

Отже, на основі проведених досліджень обґрунтовано доцільність внесення напівфабрикату «Маса для формування» до складу хліба пшеничного та розроблено рецептуру нового продукту — хліба пшеничного із борошна І гатунку, яка представлена в табл. 10.

Таблиця 10. Рецептура хліба пшеничного «Союзний» з додаванням напівфабрикату «Маса для формування»

Найменування сировини	Норма сировини, кг
	Хліб із борошна пшеничного І гатунку «Союзний» з 2,5% маси для формування
1	2
Борошно пшеничне І гатунку з вологістю 14,5%	100,0
Дріжджі хлібопекарські пресовані	2,0
Сіль кухонна харчова	1,3
Маса для формування	2,5
Вода	55—58,5
Всього	160,8—164,3

Висновки

1. Встановлено, що введення напівфабрикату «Маса для формування» у дослідні зразки хліба пшеничного у кількості від 2,5 та 5,0% до маси борошна порівняно з контролем покращує органолептичні показники готового продукту, крім пористості м'якушки у зразку з додаванням 5% напівфабрикату. Найбільш високими показниками характеризувався хліб пшеничний з масовою часткою маси для формування 2,5%, які він зберігав протягом 12 діб.

2. Доведено, що напівфабрикат «Маса для формування» зменшує титровану кислотність хліба пшеничного на 0,5%, що сприяє подовженню терміну зберігання готового продукту. Виявлено зменшення забрудненості дослідних

зразків хліба пшеничного мікроорганізмами для пліснявих грибів — в 4,0—4,5 рази, а для дріжджів — в 2,0—3,0 рази.

3. Встановлено збільшення питомого об'єму і формостійкості хліба, збагаченого масою для формування, яке пов'язане, ймовірно, зі здатністю компонентів насіння соняшнику (зокрема, ліпідів, глюколіпідів і ліпопротеїдів) до комплексоутворення і кластеризації.

4. Визначено раціональний вміст напівфабрикату «Маса для формування» у рецептурному складі хліба пшеничного — 2,5% до маси борошна. Розроблено рецептуру хліба пшеничного «Союзний» з додаванням напівфабрикату «Маса для формування».

Література

1. Нечаев А. П., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А. Пищевая химия: Учебник. СПб.: ГИОРД, 2003. 640 с.
2. Шилкина Е. Ингридиенты для улучшения качества хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. *Хлебопродукты*. М.: АО «Росхлебпродукт». 2007. № 12. С. 40—43.
3. Цыганова Т. Б. Технология хлебопекарного производства: учеб. для нач. проф. образования. М.: Профобридат, 2001. 432 с.
4. Нилова Л. П. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2013. 448 с.
5. Личко Н. М. Технология хлебопекарного производства. Под ред. Н. М. Личко. М.: Колос, 2000. 552 с.
6. Черных В., Цэцгээ Д. Улучшение качества мучных национальных изделий. *Хлебопродукты*. М.: АО «Росхлебпродукт». 2007. № 4. С. 45—47.
7. Корякина С. Я., Березина Н. А., Хмелева Е. В. Методы исследования качества хлебобулочных изделий: учебно-методическое пособие для вузов. Орел: ОрелГТУ, 2010. 166 с.
8. Касымова Ч. К. Лабораторный практикум по курсу «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий». Бишкек: Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 2012. 48 с.
9. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий, качество и безопасность: Учеб. справ. пособие. Новосибирск: Сиб. унив. из-во, 2005. 278 с.
10. Мікробіологічні нормативи та методи контролю продукції громадського харчування: ДСП 4.4.5.078., затв. МОЗ України 07.11.2001. К.: МОЗ України, 2001. 17 с.
11. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов №5061. М.: Изд-во стандартов, 1990. 186 с.
12. Продукты пищевые. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов: ГОСТ 10444.15.; введ. 01.01.97. К.: Госстандарт Украины, 1996. 16 с.
13. Булдаков А. Пищевые добавки : Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: СПб., 2008. 280 с.
14. Дробот В. И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности. Киев: Урожай, 2008. 152 с.
15. Чугунова О. В., Пастушкова Е. В. Моделирование органолептических показателей хлеба с растительными добавками. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии»*. Екатеринбург: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. Т. 3, № 4. С.80—87.
16. Тамазова С. Ю., Лисовой В. В., Першакова Т. В., Казимирова М. А. Пищевые добавки на основе растительного сырья, применяемые в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. *Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ*. Краснодар: Изд-во федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования КубГАУ им. И. Т. Трубилина, 2016. № 122(08). С. 1—8.
17. Росляков Ю. Ф., Вершинина О. Л., Гончар В. В. Научные разработки для хлебопекарной и кондитерской отраслей. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания*. Воронеж: Изд-во Ассоциация ТППП АПК, 2016. № 6. С. 1—6.

18. Росляков Ю. Ф., Вершинина О. Л., Гончар В. В. Перспективные исследования технологий хлебобулочных изделий функционального назначения. *Известия вузов. Пищевая технология*. Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2010. № 1. С. 123—125.
19. Габдукаева Л. З., Сорокина Е. С. Характеристика современного рынка хлебобулочных изделий для функционального питания. *Вестник технологического университета*. Казань: Изд-во федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. Т. 20, № 1. С. 151—160.
20. Хузин Ф. К., Канарская З. А., Ивлева А. Р., Гематдинова В. М. Совершенствование технологи производства хлебобулочного изделия на основе измельченного проросшего зерна пшеницы, *Вестник ВГУИТ*. Воронеж: Изд-во федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2017. Т. 79, № 1. С. 178—187.
21. Магомедов Г. О., Зацепилина Н. П., Журавлев А. А. Разработка сбивного хлеба функционального назначения из муки цельносмолотого зерна пшеницы, ржаных и пшеничных отрубей. *Вестник ВГУИТ*. Воронеж: Изд-во федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2015. № 4. С. 104—112.
22. Матвеева Т. В., Корячкина С. Я. Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебобулочных изделий. Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК», 2012. 947 с.
23. Бакин И. А., Мустафина А. С., Колбина А. Ю. Изучение технологических аспектов нетрадиционного сырья в производстве булочных изделий. *Вестник КрасГАУ. Технические науки*. Красноярск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Красноярский ГАУ», 2016. № 12. С. 126—132.
24. Типсина Н. Н., Селезнёва Г. К. Картофельное пюре как улучшитель качества булочных изделий. *Вестник КрасГАУ. Технология продовольственных продуктов*. Красноярск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Красноярский ГАУ», 2015. № 12. С. 81—87.
25. Белокурова Е. В., Курова М. А., Кузнецова М. А. Рябина черноплодная — рецептурный компонент для булочных изделий. *Вестник ВГУИТ*. Воронеж: Изд-во федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2015. № 2. С. 135—140.
26. Потороко И. Ю., Паймулина А. В. Применимость стевии в обеспечении функциональных свойств сдобных булочных изделий. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии»*. Челябинск: Изд-во ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ», 2015. Т. 3, № 3. С. 63—68.
27. Бакин И. А., Мустафина А. С., Вечтомова Е. А., Колбина А. Ю. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий. Кемерово: Изд-во ФГБОУ ВПО «Кемеровского технологического института пищевой промышленности», 2017. Т. 45, № 2. С. 5—12.
28. Сокол Н. В., Храмова Н. С. Использование богатого пектином растительного сырья в хлебопекарном производстве. *Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ*. Краснодар: Изд-во федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2005. № 1. С. 2—12.
29. Джахангирова Г. З. Использование растительных добавок с целью повышения пищевой ценности и физиологической значимости хлебобулочных изделий. *Universum: Технические науки*: электрон. научн. журн., 2017. № 1(34). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/4231>.
30. Martins Z. E., Pinho O., Ferreira I. M. P. L. V. O. (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 106—128. doi: 10.1016/j.tifs.2017.07.003.
31. Lai W. T., Khong N. M. H., Lim S. S., Hee Y. Y., Sim B. I., Lau K. Y., Lai O. M. (2017). A review: Modified agricultural by-products for the development and fortification of food products and nutraceuticals. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 148—160. doi: 10.1016/j.tifs.2016.11.014.
32. Dzik D., Różyło R., Gawlik-Dziki U., Świeca M. (2014). Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 40 (1), 48—61. doi: 10.1016/j.tifs.2014.07.010.

33. Torres-León C., Rojas R., Contreras-Esquivel J. C., Serna-Cock L., Belmares-Cerda R. E., Aguilar C. N. (2016). Mango seed: Functional and nutritional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 109—117. doi: 10.1016/j.tifs.2016.06.009.
34. Bharath Kumar S., Prabhasanka, P. (2014). Low glycemic index ingredients and modified starches in wheat based food processing: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 35(1), 32—41. doi: 10.1016/j.tifs.2013.10.007.
35. Patrignani F., Siroli L., Serrazanetti D. I., Gardini F., Lanciotti R. (2015). Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 46(2), 311—319. doi: 10.1016/j.tifs.2015.03.009.
36. Ngemakwe P. N., Le Roes-Hill M., Jideani V. (2014). Advances in gluten-free bread technology. *Food Science and Technology International*, 21 (4), 256—276. doi: 10.1177/1082013214531425.
37. Bird L. G., Pilkington C. L., Saputra A., Serventi L. (2017). Products of chickpea processing as texture improvers in gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 108201321771780. doi: 10.1177/1082013217717802 .
38. García-Segovia P., Pagán-Moreno M. J., Lara I. F., Martínez-Monzó, J. (2017). Effect of microalgae incorporation on physicochemical and textural properties in wheat bread formulation. *Food Science and Technology International*, 23(5), 437—447. doi: 10.1177/1082013217700259.
39. Boubaker M., Omri A. E., Blecker C., Bouzouita N. (2016). Fibre concentrate from artichoke (*Cynara scolymus* L.) stem by-products: Characterization and application as a bakery product ingredient. *Food Science and Technology International*, 22(8), 759—768. doi: 10.1177/1082013216654598.
40. Шаповалова И. Е., Федякина З. П. Хлорогеновая кислота — антиоксидантный потенциал семян подсолнечника. *Труды SWorld*. 2013. Том 11. № 2. С. 24—28.
41. Ершов П. С. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия Санкт-Петербург: Профи-информ, 2004. 190 с.
42. ТУ У 10.8-41009811-001:2017 Маси для формування; висновок ДСЕС № 515 від 17.02.2017 р. та зміна № 1:2017 до ТУ У 10.8-41009811-001:2017. Маси для формування — код за ДКПП 10.89.19.

THE INFLUENCE OF MEAL OF ROSE HIPS ON THE RIPENING AND QUALITY OF RYE-WHEAT BREAD

S. Oliynyk, O. Samokhvalova, N. Lapitskaya

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

*Rye-wheat bread
Meal of rose hips
Microbiological processes
Structural and
mechanical properties
Quality indicators*

Article history:

Received 17.10.2019
Received in revised form
30.10.2019
Accepted 18.11.2019

Corresponding author:

N. Lapitskaya
E-mail:
nadegda.lapitskaja@
gmail.com.

ABSTRACT

The paper investigates the influence of meal of rose hips on the processes occurring in rye-wheat dough during ripening, on physical-chemical and organoleptic indicators of finished products' quality, their structural and mechanical properties. It has been found that the introduction of meal in the amount of 2...6% of the total mass of flour contributes to the acceleration of microbiological processes in rye-wheat dough, which is associated with the activation of fermenting microflora by adding yeast and lactic-acid bacteria of vitamins necessary for living, minerals and other vital substances, which are contained in the supplement. Higher values of titrated acidity and the amount of carbon dioxide released during the fermentation by 9.1...22.9 and 7.0...25.4% respectively, as well as the results of determining the activity of lactic acid bacteria prove this.

According to the changes in the volume and brewing of wheat flour dough, it has been established that addition of meal of rose hips contributes to increase its gas and shape-holding ability, mainly due to the strengthening of gluten in wheat flour. Positive influence of the meal of rose hips on maturation of dough leads to changes in physical-chemical and organoleptic indicators of finished products' quality. As the dosage of meal increases, the porosity and specific volume increase, the shape of the wheat bread improves, its crumb becomes more elastic and darker, and the pleasant aroma of wild rose augments the taste. Structural and mechanical properties of rye-wheat bread are also improved, which increases the crunch compressibility rate and crunchiness. However, it is worth noting that with the introduction of the meal of rose hips in the maximum amount (6%) an unpleasant sour taste appears in rye wheat bread. Therefore, in the following research, it is recommended to use the meal of rose hips in the amount of 2...4% of the total weight of flour, which will improve rye wheat bread quality. In the future, it is planned to investigate influence of the additive on the processes during the storage time of finished products.

ВПЛИВ ШРОТУ ПЛОДІВ ШИПШИНИ НА ПРОЦЕСИ ДОЗРІВАННЯ ТА ЯКІСТЬ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

С. Г. Олійник, О. В. Самохвалова, Н. В. Лапицька

Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті досліджено вплив шроту плодів шипшини на процеси, що відбуваються в житньо-пшеничному тісті під час дозрівання, на фізико-хімічні та органолептичні показники якості готових виробів, їх структурно-механічні властивості. Встановлено, що внесення шроту в кількості 2...6% від загальної маси борошна сприяє прискоренню мікробіологічних процесів у житньо-пшеничному тісті, що пов'язане з активізацією бродильної мікрофлори за рахунок додавання необхідних для життєдіяльності дріжджів і молочнокислих бактерій вітамінів, мінеральних та інших речовин, що містяться у добавці. Про це свідчать вищі показники титрованої кислотності та кількості виділеного за період бродіння тіста діоксиду вуглецю на 9,1...22,9 та 7,0...25,4% відповідно, а також результати визначення активності молочнокислих бактерій.

За даними зміни об'єму та розпливання житньо-пшеничного тіста встановлено, що додавання шроту плодів шипшини сприяє підвищенню його газота формоутримувальної здатності, в основному, за рахунок укріплення клейковини пшеничного борошна. Позитивний вплив шроту плодів шипшини на процеси дозрівання тіста приводить до зміни фізико-хімічних та органолептичних показників якості готових виробів. За мірою збільшення дозування шроту підвищуються пористість і питомий об'єм, покращується формостійкість житньо-пшеничного хліба, його м'якушка стає більш еластичною і набуває темнішого кольору, а смак доповнюється приємним присмаком шипшини. Поліпшуються також і структурно-механічні властивості житньо-пшеничного хліба, зокрема підвищується показник стискуваності м'якушки і знижується кришкуватість. Проте слід зазначити, що за внесення шроту плодів шипшини в максимальній кількості (6%) житньо-пшеничний хліб набуває неприємного кислого смаку, тому в подальших дослідженнях рекомендовано використовувати шрот плодів шипшини в кількості 2...4% від загальної маси борошна, що сприятиме покращенню якості житньо-пшеничного хліба. У подальшому планується дослідити вплив добавки на процеси, що відбуваються під час зберігання готових виробів.

Ключові слова: житньо-пшеничний хліб, шрот плодів шипшини, мікробіологічні процеси, структурно-механічні властивості, показники якості.

Постановка проблеми. Хлібобулочні вироби відносяться до основних продуктів харчування населення України і в харчових раціонах їх частка складає близько 15%. В Україні житньо-пшеничний хліб відноситься до най-

популярніших хлібобулочних виробів, проте його хімічний склад є незбалансованим за вмістом білків, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин [1]. Тенденції здорового способу життя сприяють більш вимогливому ставленню споживача до вибору хлібобулочних виробів. Отже, розробка технологій житньо-пшеничного хліба з підвищеним вмістом есенціальних речовин є актуальним завданням.

Під час створення збагачених хлібобулочних виробів обґрунтованим є науковий підхід, який полягає в застосуванні у технологічному процесі натуральних джерел фізіологічно-функціональних інгредієнтів [1; 2]. Відомо, що для створення хлібобулочних виробів підвищеної харчової та біологічної цінності перспективними є плодово-ягідні пасти, порошки, екстракти тощо [2; 3]. Серед такої сировини увагу привертають плоди шипшини та продукти її переробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Шипшина є розповсюдженою рослиною на території всієї Європи, зокрема в Україні. Плоди шипшини та продукти їх переробки є «природною коморою» вітамінів, мінеральних речовин, антиоксидантів, харчових волокон і справляють на організм людини потужну антиоксидантну, імуномодулюючу, протидіабетичну, гастропротекторну та іншу лікувальну й оздоровчу дію [4]. Вони широко застосовуються у медицині та косметології, а також у харчовій промисловості в технології алкогольних та безалкогольних напоїв, кисломолочної продукції оздоровчого призначення, кондитерських виробів [4—6] тощо.

У хлібопекарському виробництві шипшина застосовується, в основному, для виробництва пшеничного хліба. Так, відомим є використання водних і сироваткових екстрактів з плодів шипшини в кількості 30 та 15% відповідно з метою скорочення терміну дозрівання тіста за рахунок активації бродильної мікрофлори за наявності біологічно активних речовин шипшини [7].

У [8] рекомендовано застосовувати у технології хліба з пшеничного борошна порошок з плодів шипшини у кількості 5% з метою покращення органолептичних і фізико-хімічних показників його якості. Інші дослідники [9] пропонують вносити під час замішування тіста сумісно порошки плодів шипшини та горобини у кількості 1...3% від маси борошна, що не тільки сприяє підвищенню харчової цінності виробів, але й призводить до інтенсифікації мікробіологічних процесів дозрівання тіста, покращує фізико-хімічні та органолептичні показники якості хліба. Такі зміни, як свідчать автори, спричинені укріпленням клейковини під дією аскорбінової кислоти, що міститься у дослідних добавках.

Новою сировиною для хлібопечення є шрот плодів шипшини (ШППШ) — вторинний продукт в технології отримання шипшинової олії шляхом CO₂-екстракції на підприємстві НВ ТОВ «Житомирбіопродукт» (м. Житомир, Україна). Це порошкоподібний продукт бурого-червоного кольору з характерним шипшинним смаком та ароматом, який є джерелом харчових волокон, що складаються із пектинових речовин, широкого спектра мінеральних речовин ті вітамінів, у тому числі містить значну кількість аскорбінової кислоти (47,0 мг/100 г).

Отже, шрот плодів шипшини є перспективною сировиною для підвищення харчової цінності та покращення якості житньо-пшеничного хліба, що робить актуальними дослідження у цьому напрямку.

Мета дослідження: вивчення впливу шроту плодів шипшини на процеси дозрівання та якість житньо-пшеничного хліба.

Викладення основного матеріалу дослідження. У дослідженнях використовували борошно житнє обдирне (ГОСТ 7045-90), борошно пшеничне 1 сорту (ДСТУ 46004-99), хлібопекарські пресовані дріжджі (ДСТУ 4812-2007), сіль кухонну харчову (ДСТУ 3583-2015), питну воду (СанПіН 2.2.4-171-10 та ДСТУ 7525-2014), суху житню закваску «Puratos Othello Norma» (Puratos Group, Бельгія), шрот плодів шипшини (ТУ У 15.8-32062796-003:2008, виробник НВ ТОВ «Житомирбіопродукт», Україна).

Контрольні зразки житньо-пшеничного тіста та хліба готували вологістю 47% із суміші борошна житнього обдирного та пшеничного першого сорту за співвідношення 1:1 з додаванням 2,5% сухої житньої закваски, 2% хлібопекарських пресованих дріжджів, 1,5% солі кухонної харчової. Замішане тісто піддавали дозріванню протягом 90 хв за температури $30 \pm 2^\circ\text{C}$, після чого формували тістові заготовки, які вистоявали за температури $32 \pm 2^\circ\text{C}$ та відносної вологості $80 \pm 5\%$, далі випікали за температури $210 \pm 10^\circ\text{C}$ протягом 25 ± 2 хв.

Експериментальні зразки тіста та хліба виготовляли шляхом додавання шроту плодів шипшини у сухому вигляді в кількості 2...6% від загальної маси борошна під час замішування.

Титровану кислотність житньо-пшеничного тіста визначали шляхом титрування $0,1 \text{ моль/дм}^3$ гідроксидом натрію, активність молочнокислих бактерій — за знебарвленням метиленового синього, інтенсивність спиртового бродіння — за кількістю виділеного CO_2 на приладі Яго-Островського [11]. Газоутримувальну здатність оцінювали непрямим методом за зміною об'єму тіста під час бродіння, реологічні характеристики житньо-пшеничного тіста — за розпливанням його кульки [11]. Тривалість експерименту складала 90 хв.

Оцінку органолептичних і фізико-хімічних показників якості хліба здійснювали за стандартними методиками [10]. Структурно-механічні властивості хліба вивчали за показником стискуваності його м'якушки на пенетрометрі «Labor» шляхом вимірювання опору дослідних зразків проникаючому в них індентору (кут $\alpha = 90$ град). Кришкуватість хліба визначали за методикою, описаною у [10].

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що додавання шроту плодів шипшини призводить до інтенсифікації мікробіологічних процесів дозрівання житньо-пшеничного тіста (табл.1, рис. 1, 2). З наведених у табл. 1 даних видно, що початкова титрована кислотність тіста за внесення 2...6% шроту на 6,7...15,6% вища порівняно з контрольним зразком у зв'язку із більшою, ніж у житнього та пшеничного борошна, кислотністю добавки. Протягом дозрівання дослідних зразків тіста зміна цього показника відбувається інтенсивніше і наприкінці експерименту є вищою, якщо порівняти з контрольним зразком, на 9,1...22,9%.

Таблиця 1. Вплив шроту плодів шипшини на зміну титрованої кислотності житньо-пшеничного тіста

Зразки тіста	Зміна титрованої кислотності під час дозрівання, град			
	0	30 хв	60 хв	90 хв
Контроль (без добавки)	4,5±0,1	5,2±0,1	6,0±0,1	6,6±0,2
З додаванням шроту плодів шипшини у кількості (% від загальної маси борошна):				
2	4,8±0,1	5,8±0,1	6,8±0,2	7,2±0,2
4	5,0±0,1	6,0±0,1	7,3±0,2	7,7±0,2
6	5,2±0,1	6,5±0,2	7,7±0,2	8,1±0,2

Інтенсифікація кислотонакопичення в тісті з шротом плодів шипшини пов'язана з активізацією молочнокислих бактерій за рахунок біологічно активних речовин шроту, що і було підтверджено експериментально (рис. 1). Дійсно, за його внесення тривалість знебарвлення метиленового синього скорочується на 37,7...64,4%.

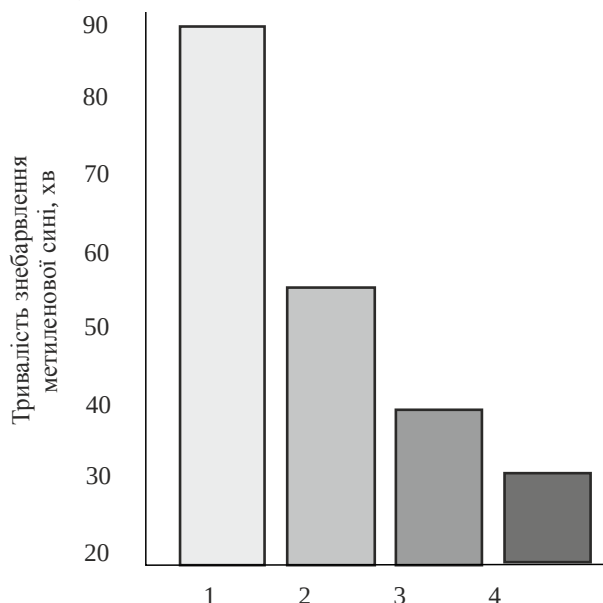


Рис. 1. Вплив шроту плодів шипшини на активність молочнокислих бактерій у житньо-пшеничному тісті: 1 — без добавки (контроль); з додаванням ШПШ у кількості: 2 — 2%; 3 — 4%; 4 — 6%

Про позитивний вплив шроту плодів шипшини на активність бродильної мікрофлори свідчать і результати дослідження газоутворення в житньо-пшеничному тісті (рис. 2). З представлених на рисунку даних видно, що кількість виділеного вуглекислого газу за 90 хв бродіння у дослідних зразках тіста була на 7,0...25,4% вище порівняно з контролем.

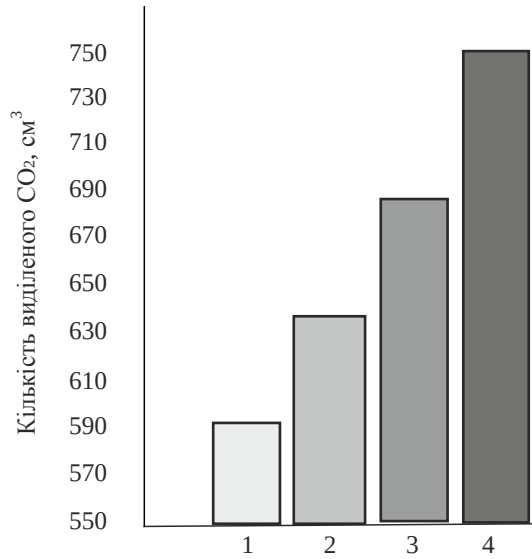


Рис. 2. Вплив шроту плодів шипшини на кількість виділеного CO₂ у житньо-пшеничному тісті: 1 — без добавки (контроль); з додаванням ШПШ у кількості: 2 — 2%; 3 — 4%; 4 — 6%

Також доведено, що протягом експерименту інтенсивніше змінюється об'єм житино-пшеничного тіста з додаванням шроту плодів шипшини (рис. 3).

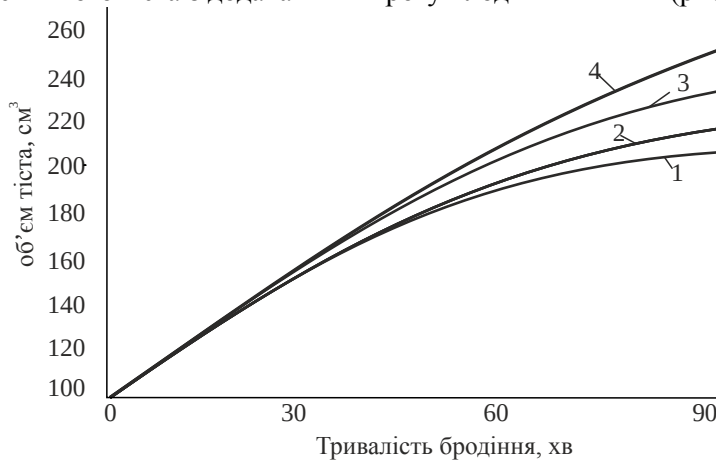


Рис. 3. Вплив шроту плодів шипшини на зміну об'єму житньо-пшеничного тіста: 1 — без добавки (контроль); з додаванням ШПШ у кількості: 2 — 2%; 3 — 4%; 4 — 6%

Наприкінці дозрівання величина цього показника у дослідних зразках була на 6,0...21,0% вище, ніж у контрольного. Це пов'язано як із кращим розпушенням тіста у результаті прискорення газоутворення, так і підвищенням його газоутримувальної здатності в результаті встановленого нами раніше укріплення клейковини пшеничного борошна [12]. Покращення властивостей клейковини відбувається за рахунок наявності у складі шроту органічних кислот, насамперед аскорбінової, яка, як відомо, перетворюючись у тісті в

дегідроаскорбінову, чинить окисну дію на SH-групи клейковинних білків, протеолітичних ферментів та активаторів протеолізу [1]. Зміцнювальний ефект на клейковинні білки надають і некрохмальні полісахариди та фенольні сполуки, що утворюють комплекси з білками пшеничного борошна.

Про поліпшення реологічних властивостей житньо-пшеничного тіста за додавання шроту плодів шипшини свідчить і уповільнення його розпливання порівняно з контрольним зразком (рис. 4).

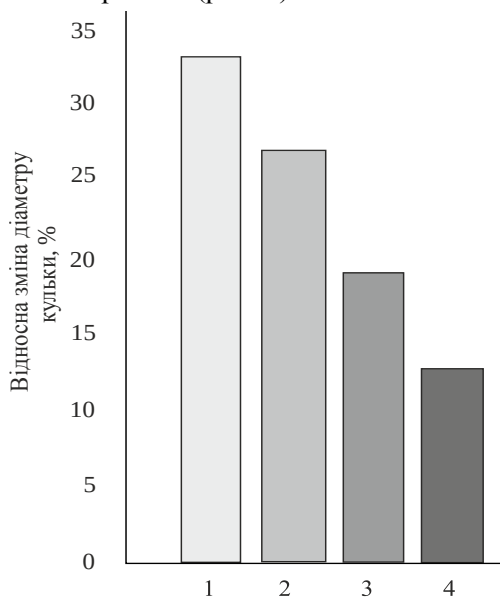


Рис. 4. Відносна зміна діаметра кульки житньо-пшеничного тіста під час відлежування: 1 — без добавки (контроль); з додаванням ШПШ у кількості: 2 — 2%; 3 — 4%; 4 — 6%

Результат позитивного впливу шроту плодів шипшини на процеси дозрівання тіста відобразився у показниках якості житньо-пшеничного хліба (табл. 2).

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники якості житньо-пшеничного хліба за додавання шроту плодів шипшини

Зразок хліба	Показники якості та їх значення				
	Вологість, %	Кислотність, град	Пористість, %	Питомий об'єм, см/100г	Формостійкість (Н/Д)
Без добавки (контроль)	46,2±1,0	6,0±0,1	60,0±1,0	2,0±0,1	0,45±0,01
З додаванням шроту плодів шипшини у кількості (% від загальної маси борошна):					
2	46,6±1,1	6,3±0,1	62,0±1,0	2,2±0,1	0,49±0,01
3	46,9±1,1	6,7±0,1	66,0±1,0	2,5±0,2	0,53±0,02
4	47,2±1,2	7,4±0,2	68,0±2,0	2,6±0,2	0,60±0,02

Так, пористість виробів підвищується на 10...13%, питомий об'єм — на 10...30%, формостійкість — на 9...33%. Також збільшується вологість хліба, що пов'язано із значним вмістом в добавці некрохмальних полісахаридів, які здатні краще утримувати воду. Відмічається також і підвищення його на 5...20% порівняно із хлібом без добавок, у зв'язку з вищою кислотністю тіста.

Покращення якості житньо-пшеничного хліба за додавання добавки підтверджено і даними його структурно-механічних властивостей (рис. 5а, б). Згідно з отриманими даними стискуваність м'якушки підвищується на 19,4...58,0%, а кришкуватість знижується на 25,9...66,7% порівняно із контрольним зразком як за рахунок укріплення клейковини, так і за рахунок високої вологоутримувальної здатності харчових волокон шроту плодів шипшини.

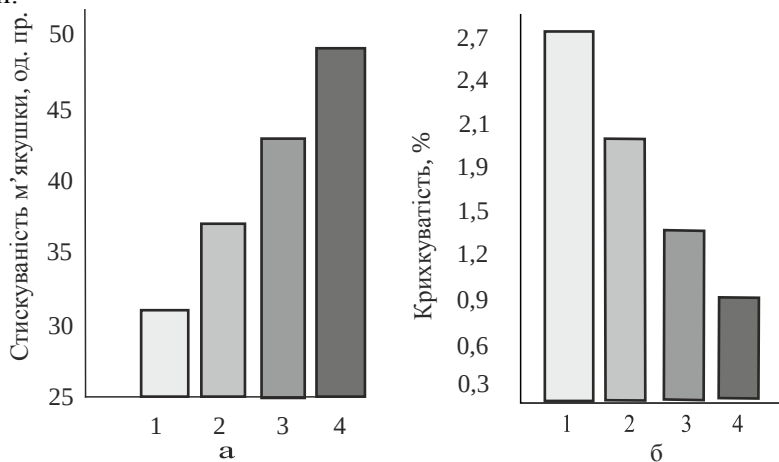


Рис. 5. Вплив шроту плодів шипшини на стискуваність (а) та кришкуватість (б) м'якушки житньо-пшеничного хліба: 1 — без добавки (контроль); з додаванням ШПШ у кількості: 2 — 2%; 3 — 4%; 4 — 6%

Змінюються також органолептичні показники якості хліба за додавання шроту плодів шипшини (табл. 3). Із збільшенням його дозування м'якушка хліба стає більш еластичною, пористість — більш розвинуеною та тонкостінною.

Скоринка виробів набуває темнішого забарвлення та золотистого відтінку. М'якушка хліба змінює колір від коричневого до темно-коричневого з бурим відтінком. В смаку та ароматі хліба з'являються нотки шипшини. Слід відмітити, що внесення максимальної кількості шроту (6%) призводить до появи неприємного кислого смаку. Отже, для підвищення якості житньо-пшеничного хліба доцільно застосовувати 2...4% дослідної добавки від загальної маси борошна.

На наступному етапі досліджень планується дослідити вплив шроту плодів шипшини на процеси, що відбуваються під час зберігання житньо-пшеничного хліба.

Таблиця 3. Органолептичні показники якості житньо-пшеничного хліба за використання шроту плодів шипшини у встановленому діапазоні дозувань

Показник	Значення показника у зразках хліба			
	без добавки (контроль)	з додаванням ШППШ, % від загальної маси борошна		
		2	4	6
Форма, стан поверхні	Правильна, рівна, гладка поверхня без значних тріщин і підривів, не підгоріла			
Колір скоринки	Коричневий	Коричневий із золотистим відтінком	Темно-коричневий із золотистим відтінком	
Стан м'якушки	Пропечена, з рівномірною, дрібною пористістю	Пропечена, з розвинуеною, рівномірною, дрібною пористістю	Пропечена, з більш розвинуеною рівномірною, дрібною пористістю	
Колір м'якушки	Коричневий	Коричневий із бурим відтінком	Темно-коричневий із бурим відтінком	
Смак і запах	Характерний житньо-пшеничному хліба без стороннього присмаку та запаху	Характерний житньо-пшеничному хліба, з легким приємним присмаком і ароматом шипшини		Смак неприємний, кислий; аромат шипшини надто виражений

Висновки

Встановлено, що додавання шроту плодів шипшини у кількості 2...6% від загальної маси борошна приводить до інтенсифікації кислотонакопичення та газоутворення у житньо-пшеничному тісті за рахунок активізації бродильної мікрофлори тіста за наявності поживних для неї речовин добавки.

Встановлено, що за додавання шроту плодів шипшини покращуються показники пористості виробів на 10...13%, питомого об'єму — на 10...30%, формостійкості — на 9...33%, а також стискуваності та кришкуватості м'якушки за рахунок інтенсифікації мікробіологічних процесів та покращення газо- та формоутримувальної здатності житньо-пшеничного тіста.

За додавання 2...6% шроту плодів шипшини хліб набуває темнішого кольору та шипшинового присмаку, прокрашується стан пористості його м'якушки, проте за внесення максимальної кількості шроту (6%) з'являється неприємний кислий смак, що не дає змоги рекомендувати це дозування для подальших досліджень.

Літератури

1. Дробот В. І Технологія хлібопекарського виробництва: підруч. Київ, 2002. 365 с.
2. Інноваційні технології хлібобулочних і кондитерських виробів: колект. монографія / О. В. Самохвалова та ін.; за ред. канд. техн. наук, проф. О. В. Самохвалої; Харків. ХДУХТ, 2015. 462 с.
3. Березина Н. А. Расширение ассортимента и повышение качества ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с сахаросодержащими добавками: монография. Орел: ФГОУ ВПО «Государственный — УНИК», 2012. 232 с.
4. Guo D, Xu L, Cao X, Guo Y, Ye Y, Chan C-O, Mok DKW, Yu Z, Chen S. Anti-inflammatory activities and mechanisms of action of the petroleum ether fraction of *Rosa multiflora* Thunb. hips. *J Ethnopharmacol.* 2011. Vol. 138, P. 717—722.

5. Гойко І. Ю., Сімахіна Г. О. Перспективи використання дикорослої сировини для одержання безалкогольних напоїв антиоксидантної дії. *Scientific Works of NUFT*. 2014. № 20(6). С. 219—225.
6. Leahu A. Influence of Processing on Vitamin C Content of Rosehip Fruits. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. 2014. Vol. № 47(1). P. 116—120.
7. Лебеденко Т. Є., Кожевнікова В. О., Новічкова Т. П. Перспективи удосконалення прискорених технологій хліба шляхом використання шипшини та глоду. *Технический аудит и резервы производства*. 2014. № 3/5(17). С. 8—11.
8. Перфилова О. В. Новый сорт хлеба с шиповником. *Достижения науки и техники, АПК*. 2010. № 08. С. 77—78.
9. Апаршева В. В., Дворецкий Д. С. Разработка технологии пшеничного хлеба функционального назначения. Материалы VI науч. студенческой конф. *Проблемы ноосферной безопасности и устойчивого развития ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского»*. 2011. С. 162—165.
10. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Довідник: навч. посіб. Вид. 2-е, переробл. і допов. Київ, 2019. 580 с.
11. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв / В. І. Дробот, Л. Ю. Арсеньєва, О. А. Білик [та ін.]. Київ: Центр навч. літератури, 2006. 341 с.
12. Самохвалова О. В., Олійник С. Г., Лапицька Н. В. [та ін.]. Вплив шроту плодів шипшини на технологічні властивості пшеничного борошна. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС—2019)*: зб. матеріалів доп. учасн. IX Міжнар. наук.-практ. конф. Чернігів: ЧНТУ, 2019. Т. 2. С. 51—57.

Зміст журналу
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
за 2019 рік

Автоматизація та інформаційні технології

- Гладка М. В., Бойко Р. О., Гладкий Я. В.* Оцінювання бізнес-процесів підприємств з використанням методу функціонально-вартісного аналізу ABC № 1
- Ладанюк А. П., Власенко Л. О., Луцька Н. М., Смітюх Я. В.* Проблема забезпечення стійкості інтелектуальних систем керування технологічними об'єктами № 2
- Горілий В. Ю., Мошенський А. О.* Програмно-апаратний комплекс для моніторингу торф'яних пожеж на радіоактивно забрудненій території № 2
- Федоров А. В., Шикун О. М.* Розробка кросплатформеного програмного комплексу для керування дроном № 3
- Захаров В. В., Устінов О. А., Змієвський Ю. Г., Мирончук В. Г.* Застосування алгоритмів машинного навчання в імовірісно-статистичних моделях для прогнозування та розрахунку процесів озонування № 4
- Чаплінський Ю. П.* Використання онтологокерованої системної оптимізації при розв'язанні задач безпеки продуктів харчування № 4

Біотехнології

- Скроцька О. І., Пирог Т. П., Скроцький С. О.* Лігноцелюлозні відходи як сировина для синтезу бутанолу клостридіями № 1
- Пирог Т. П., Никитюк Л. В., Палійчук О. І., Луцай Д. А.* Стратегія одержання мікробних поверхнево-активних речовин зі стабільними заданими властивостями № 2
- Скроцький С. О., Хоменко Л. А., Підгорський В. С.* Альгінат натрію як основа для іммобілізації та концентрування бактерій роду *Clostridium* № 2
- Данилюкович А. Г., Білінський С. О.* Застосування нано-SiO₂ в технології виробництва еластичних шкір № 2
- Покойовець К. Ю., Грегірчак Н. М.* Дослідження пробіотичного покриття для харчових продуктів № 2
- Король Ц. О., Жукова Я. Ф., Петрищенко С. С., Чуманська Г. С.* Вплив культур білої плісені на біохімічні показники сирів з різним складом жирової фази № 3
- Науменко О. В., Кігель Н. Ф., Бовкун А. О.* Селекція біологічно активних штамів-продуцентів як альтернатива штучним консервантам і згущувачам № 3
- Куянов В. В., Таргоня В. С., Мировпольський О. М.* Оцінка технологічних прийомів зменшення емісії азоту в агробіосистемах № 3
- Вороненко А. А., Івахнюк М. О., Пирог Т. П.* Синтез екзополісахариду етаполану на суміші меляси та соняшникової олії залежно від способу підготовки меляси № 3
- Лич І. В., Моцар А. В., Солошенко К. І.* Імуномодулювальні та антибактеріальні властивості препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива № 3
- Гайдук Ю. М., Пенчук Ю. М.* Одержання підсолджувачів мікробним синтезом № 4
- Скроцький С. О., Хоменко Л. А., Василюк О. М., Зелена Л. Б., Войчук С. І.* Ідентифікація сольвентогенних бактерій *Clostridium beijerinckii*, *Clostridium acetobutylicum*, ізольованих з природних джерел № 4
- Данилюкович А. Г., Хлебнікова Н. Б.* Модифікація колагенвмісних матеріалів для формування водостійких виробів № 5
- Пирог Т. П., Мартинюк А. О., Пенчук Ю. М., Мучник Ф. В.* Нетрадиційні продуценти поверхнево-активних речовин № 5
- Боднар О. В., Скроцька О. І.* Мікроорганізми як продуценти інтерферонів I та II типу: сучасний стан досліджень № 5
- Черепанський В. В., Грегірчак Н. М.* Збереження життєздатності клітин як запорука якості пробіотичних препаратів № 6
- Пирог Т. П., П'ятецька Д. В., Клименко Н. О., Шевчук Т. А., Леонова Н. О.* Інтенсифікація синтезу ауксинів у продуцента поверхнево-активних речовин *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 № 6

Економіка, менеджмент і маркетинг

<i>Басюк Д. І., Івченко Л. О., Ткачук Н. А., Верес К. О.</i> Оцінка впливу макроекономічних факторів на розвиток готельного господарства в Україні	№ 1
<i>Петухова О. М., Ямкова А. М.</i> Розвиток експортної діяльності бурякоцукрового комплексу	№ 1
<i>Тюха І. В., Полінчик-Ярова Т. В.</i> Стан, тенденції і перспективи розвитку українського експорту продукції АПК	№ 1
<i>Пахомська О. В.</i> Сучасний стан і перспективи розвитку ресторанного господарства в Україні	№ 1
<i>Милованов Є. В., Коняшин А. В.</i> Особливості розвитку ринку органічних круп в Україні	№ 1
<i>Кулініч О. А., Федоренко Н. М.</i> Теоретичні аспекти формування рейтингової вагомості закладів вищої освіти	№ 1
<i>Бойко С. В., Дячук Я. С.</i> Безпека місцевих бюджетів у контексті бюджетної децентралізації в Україні	№ 2
<i>Ємцев В. І., Ємцева Г. Ф.</i> Соціально-економічні аспекти виробництва органічної продукції в Україні	№ 2
<i>Драган О. І.</i> Концептуальний підхід до управління талантами на підприємствах харчової галузі	№ 2
<i>Бергер А. Д.</i> Методичний підхід до обрання цінової стратегії на підприємствах м'ясопереробної галузі	№ 2
<i>Мазник Л. В.</i> Соціально-відповідальні трудові практики: контекст працевлаштування	№ 2
<i>Бутнік-Сіверський О. Б., Земко Г. В.</i> Маркетингові інструменти в умовах сучасної маркетингової діяльності підприємств-виробників харчової промисловості	№ 3
<i>Дерев'яно О. Г.</i> Інструменти формування репутації підприємства для різних стейкхолдерських аудиторій: PR, IR та GR	№ 3
<i>Пенчук Г. С.</i> Використання метапрограмного підходу у роботі менеджера з персоналу	№ 3
<i>В'ялець О. В.</i> Система управління взаємовідносинами з клієнтами: теоретичний аспект	№ 3
<i>Соболев А. С.</i> Ризик-орієнтований менеджмент системи радіаційної безпечності продукції сільськогосподарського виробництва відповідно до міжнародних стандартів	№ 3
<i>Осадчук О. П., Майстренко В. М.</i> Теоретичні основи сутності якості як соціально-економічної категорії	№ 4
<i>Сотніченко О. А.</i> Податкова політика в Україні та її вплив на соціально-економічне зростання	№ 4
<i>Кундєєва Г. О., Топчій О. А.</i> Розвиток м'ясопереробних підприємств з позиції забезпечення продовольчої безпеки України	№ 4
<i>Бутнік-Сіверський О. Б.</i> Шляхи протидії тіньовому ринку спирту і алкоголю як складова економічної безпеки	№ 4
<i>Гіренко Н. І., Крамаренко Д. П.</i> Економічна ефективність виробництва напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами»	№ 4
<i>Страшинська Л. В.</i> Споживчий ринок пива та сучасні тренди його розвитку	№ 6
<i>Драган О. І.</i> Таксономічна оцінка рівня організації праці на підприємствах м'ясопереробної галузі	№ 6
<i>Бергер А. Д.</i> Методичний підхід до формування корпоративної соціальної відповідальності підприємств м'ясопереробної галузі	№ 6

Науки про життя

<i>Українець А. І., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В.</i> Перспективи впровадження аюрведичної системи оздоровлення в Україні: точки зору	№ 1
--	-----

Механічна та електрична інженерія

<i>Васильков В. В., Чепелюк О. М., Чепелюк О. О.</i> Багатокритеріальний вибір обладнання для формування котлетних виробів	№ 1
<i>Шевченко О. Ю., Соколенко А. І., Бут С. А., Степанець О. І.</i> Замкнуті енергетичні контури в харчових технологіях	№ 1
<i>Балюта С. М., Йовбак В. Д., Копилова Л. О., Соколова О. М.</i> Інтелектуальне управління електроспоживанням промислового підприємства	№ 1

Мазуренко О. О., Коломісць Д. П., Луценко В. В., Мазуренко О. Г. Теплометричні способи та прилади вимірювання теплофізичних характеристик харчових продуктів	№ 1
Пономаренко В. В., Пушанко М. М., Слюсенко А. М., Єщенко О. А. Вплив фізичних властивостей рідин на роботу рідинно-газових ежекторів	№ 2
Марценюк О. С., Малезжик І. Ф., Зоткіна Л. В. Тарілчасті апарати та їх удосконалення	№ 2
Шевченко О. Ю., Соколенко А. І., Степанець О. І., Бут С. А. Термодинамічна оцінка процесів рекуперації вторинних енергетичних ресурсів	№ 2
Мазуренко О. О., Харченко Л. Л., Коломісць Д. П., Мазуренко О. Г. Спосіб спільного визначення теплофізичних характеристик матеріалів і метрологічних характеристик теплометричного приладу	№ 2
Засць Н. А., Штена В. М. Концепція використання водоочисного електродіалізного обладнання при нештатних ситуаціях на харчових виробництвах	№ 2
Павелко В. І., Мудрак Б. О. Удосконалення системи утилізації теплоти гвинтового компресорного агрегата RENNER RS-132	№ 2
Штангеев К. О. Гідростатичні депресії у випарних апаратах цукрового виробництва	№ 3
Хоменко М. Д., Кухар В. М. Удосконалення схем та обладнання для очищення, відмивання і транспортування цукрових буряків на перероблення	№ 3
Сорокін А. І. Визначення кількості конденсатів залежно від технічного рівня цукрового заводу	№ 3
Українець А. І., Негрей О. В. Процеси лушення волоських горіхів	№ 3
Авдєєва Л. Ю., Макарєнко А. А., Жукоцький Е. К. Дослідження впливу гідродинаміки потоку рідини в соплі вентурі на інтенсивність виникнення кавітації	№ 3
Шевченко О. Ю., Соколенко А. І., Вінніченко І. М., Максименко І. Ф. Енергоімпульсні трансформації в середовищах харчових виробництв	№ 3
Онищенко Я. Д., Замулко А. І. Аналіз тенденцій споживання енергетичних ресурсів харчовою промисловістю України	№ 4
Ніколішак М. В., Лементар С. Ю., Пономаренко В. В., Якобчук Р. Л., Риндюк Д. М. Моделювання процесу розподілення теплоносія в підігрівачі солоду	№ 4
Бондар В. І., Солодка К. М., Василенко С. М., Іващенко Н. В. Аналіз результатів експериментального дослідження процесу конденсації пари на поверхні циліндричного вільностікаючого струменя рідини (Частина 2)	№ 4
Шевчанець О. Ю., Степанець О. І., Бут С. А., Костюк В. С. Повітряна сушарка на основі замкнутих енергоматеріальних контурів	№ 4
Соколенко А. І., Максименко І. Ф. Термодинамічне визначення параметрів фазових переходів в умовах вакуумних технологій	№ 4
Негрей О. В., Українець А. І. Визначення механічних характеристик волоських горіхів у процесах їх лушення	№ 4
Булій Ю. В., Куц А. М., <u>Шиян П. Л.</u> Підвищення експлуатаційних характеристик масообмінних колонних апаратів циклічної дії	№ 5
Якимчук В. М., Гавва О. М. Ефективне використання енергетичного ресурсу в мехатронних модулях пакувальних машин	№ 5
Черевко О. І., Маяк О. А., Костенко С. М., Сардаров А. М. Оцінка тепломасообмінного обладнання шляхом імітаційного моделювання	№ 5
Мирончук В. Г., Змієвський Ю. Г., Захаров В. В., Устінов О. А., Дзязько Ю. С. Застосування екологічних способів для переробки нанofільтраційного пермеату молочної сироватки та отримання природних концентратів мінеральних речовин	№ 5
Зав'ялов В. Л., Мисюра Т. Г., Запорожець Ю. В., Попова Н. В. Вплив режимних параметрів на кінетику безперервного віброекстрагування з рослинної сировини	№ 5
Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Літвинчук С. І. Перехідні процеси в бродильних технологіях	№ 5
Бабанов І. Г., Бабанова О. І., Михайлов В. М., Бабкіна І. В., Шевченко А. О., Прасол С. В. Розроблення технологічного процесу виробництва м'ясних січених напівфабрикатів за умов ІЧ-нагрівання в газовому середовищі	№ 6
Гапонюк І. І. Технологія сушіння капілярно-пористих колоїдних тіл за спадними режимами	№ 6
Горчакова О. М., Якимчук М. В. Розробка мехатронного модуля дозування рідких харчових продуктів	№ 6

<i>Деренівська А. В., Кривопляс-Володіна Л. О., Токарчук С. В.</i> Імітаційне моделювання раціональних параметрів функціональних модулів пакувальної лінії	№ 6
<i>Бржезицький В. О., Гаран Я. О., Лапоша М. Ю., Маслоченко І. М.</i> Вплив профілювання конічної частини стрижня ізолятора на максимальну напруженість електричного поля в його цементно-піщаному закладенні	№ 6
<i>Авдєєва Л. Ю., Макаренко А. А., Жукотський Е. К.</i> Кавітаційні технології для виробництва нанопрепаратів	№ 6
<i>Соколенко А. І., Максименко І. Ф., Костюк В. С.</i> Синтез активованих змішувачів потоків	№ 6
<i>Шевченко О. Ю., Бедрик О. В., Малета В. М.</i> Утилізація концентрату головної фракції методом десорбції	№ 6
<i>Середюк В. В., Чепелюк О. О., Чепелюк О. М.</i> Обґрунтування режиму роботи обладнання для сушіння міцеліальної біомаси	№ 6

Фізико-математичні науки

<i>Король А. М., Медвідь Н. В., Гуцало І. В., Ісай В. М.</i> Транспорт квазіелектронів Дірака крізь сходиноподібний потенціальний бар'єр у 3D топологічному ізоляторі	№ 1
<i>Левченко В. В.</i> Спектр об'ємних хвиль у періодично-шаруватому просторі	№ 3
<i>Вишняк В. В., Літвинчук С. І., Носенко В. Є., Коробка Ю. В., Домбровський В. П.</i> Виявлення фальсифікатів бджолиного воску методом інфрачервоної спектроскопії відбивання	№ 4

Харчові технології

<i>Александров О. В., Цихановська І. В., Кайда Н. С., Євлаш В. В.</i> Розробка рецептури сирового десерту «Слонення» з використанням харчової добавки «Магнетофуд»	№ 1
<i>Карпуніна М. В., Войтенко М. К., Харгелія Д. Д., Тетеріна С. М., Романова З. М.</i> Нетрадиційна сировина в технології квасу бродіння	№ 1
<i>Кравченко М. Ф., Кублінська І. А.</i> Обґрунтування технології соусу з композиційною сумішшю грибних порошків	№ 1
<i>Радзівєвська І. Г., Пасічний В. М., Юценко Н. М., Кузьмик У. Г.</i> Розробка оксистерильних композицій аюрведичних сумішей прянощів для косметичної промисловості	№ 1
<i>Дробот В. І., Приходько Ю. С., Бережна Г. О.</i> Борошно сорго у технології безглютенового хліба	№ 1
<i>Дітріх І. В., Льчук Н. В., Єфимович П. Є.</i> Характеристика рибних зраз із капустою романеско (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>Botrytis</i> L.) як функціонального інгредієнта	№ 1
<i>Шаповаленко О. І., Євтушенко О. О., Ляшко Г. В.</i> Дослідження впливу додавання соди та пшеничних висівків на екструджування зерна кукурудзи	№ 1
<i>Степанькова Г. В., Олійник С. Г., Шідакова-Каменюка О. Г.</i> Кваліметрична оцінка якості хліба пшеничного з використанням шроту зародків вівса та макухи зародків кукурудзи	№ 1
<i>Ясінська І. Л., Іванова В. Д.</i> Використання порошків з пророщеного насіння сільськогосподарських культур у технології майонезу висококалорійного	№ 1
<i>Литвяк В. В.</i> Теория и практика модификации крахмалосодержащего сырья для создания новых продуктов питания	№ 1
<i>Олійник С. І., Куц А. М., Острик О. А., Ковальчук В. П., Бей Р. В.</i> Прогнозування стійкості лікєро-горілчанних напоїв	№ 2
<i>Цихановська І. В., Александров О. В., Кайда Н. С., Євлаш В. В., Коваленко З. І.</i> Удосконалення технології зефіру біло-рожевого з використанням харчової добавки «Магнетофуд»	№ 2
<i>Пашова Н. В., Волощук Г. І., Фоменко В. В., Манк В. В.</i> Вплив борошна знежиреного насіння олійних культур і топінамбура на черствіння житнього хліба	№ 2
<i>Пасічний В. М., Гармаш Д. В., Лободіна Н. Е., Кривобік Р. А.</i> Дослідження органолептичних показників при довготривалому дозріванні м'яса яловичини	№ 2
<i>Роботко А. Ю., Чорна А. І., Шульга О. С.</i> Їстівний посуд — піклування про екологічне майбутнє планети	№ 2
<i>Павлюченко О. С., Фурманова Ю. П., Шаповаленко О. І., Радькевич С. М.</i> Удосконалення технології печива на основі вівсяних пластівців для закладів ресторанного господарства	№ 2

<i>Сімахіна Г. О., Науменко Р. Ю.</i> Обґрунтування складу та спосіб отримання композиції харчових волокон різноспрямованої дії	№ 2
<i>Українець А. І., Фролова Н. Е.</i> Аналітична інформація про стан використання ароматизаторів у світі і в Україні та можливості розвитку вітчизняного виробництва	№ 2
<i>Дорохович В. В., Донець А. С., Сулима В. С., Дорошенко Т. В.</i> Вплив мальтитолу, ізомальтитолу, еритритолу на формування клейковинного комплексу	№ 2
<i>Устименко І. М., Поліщук Г. Є.</i> Наукове обґрунтування складу сметанного продукту	№ 2
<i>Пахомська О. В.</i> Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення	№ 2
<i>Дудко С. Д.</i> Досягнення і проблеми у вивченні процесу випікання масивних борошняних виробів: огляд літератури. Частина 1: внутрішній тепломасообмін у тісті-хлібі	№ 3
<i>Оболкіна В. І., Скрипко А. С.</i> Використання борошна із солоду пшениці при створенні технології здобного печива оздоровчого призначення	№ 3
<i>Шульга Н. М., Гапченко Н. О.</i> Дослідження способів запобігання ваді «пізне спучування» у твердих сирах	№ 3
<i>Мількевич В. М.</i> Зменшення втрат цукрози при зберіганні цукрових буряків	№ 3
<i>Скорик К. Д., Петриченко І. Б., Резніченко Ю. М.</i> Визначення швидкості процесу І карбонізації в наближеному до повного витиснення режимі	№ 3
<i>Чорна Т. М., Чорна А. І.</i> Маркетингові дослідження попиту молока питного та його якості	№ 3
<i>Шидакова-Каменюка О. Г., Шкляєв О. М., Рогова А. Л.</i> Мікробіологічна безпека кремово-збивних цукерок з насінням чіа	№ 3
<i>Костенко Є. Є., Мельник Л. М., Бутенко О. М., Матко С. В.</i> Дослідження протекторних властивостей ягід обліпихи щодо іонів Pb (II), Cd (II) та Hg (II)	№ 3
<i>Волощук Г. І., Ярковий А. О., Полуцька Б. М., Пашова Н. В., Грегірчак Н. М.</i> Дослідження впливу порошку топінамбура на вміст цукрів у хлібі житньому заварному	№ 3
<i>Грушковська А. О., Матко С. В., Мельник Л. М., Ткачук Н. А.</i> Порівняльний аналіз способів отримання пюре з кизилу для виробництва соусів	№ 4
<i>Костенко Є. Є., Мілюкін М. В., Бутенко О. М., Рубаха Н. С.</i> Дослідження властивостей ягід журавлини	№ 4
<i>Алексєєнко М. С., Литвяк В. В., Новикова Н. М.</i> Оптимизация технологических условий получения кислотногидролизованного крахмала	№ 4
<i>Українець О. О., Грегірчак Н. Н.</i> Оцінка ризиків мармеладних виробів	№ 4
<i>Камінська С. В., Мисюра Т. Г., Сімахіна Г. О.</i> Математична модель прогнозування вмісту аскорбінової кислоти в заморожених ягодах	№ 4
<i>Пахомська О. В.</i> Впровадження системи НАССР у виробництві хлібобулочних виробів	№ 4
<i>Головко М. П., Головко Т. М., Геліх А. О., Применко В. Г.</i> Дослідження показників якості страв і кулінарних виробів на основі напівфабрикату з моллюска прісноводного та їх змін під час зберігання	№ 5
<i>Гречко В. В., Страшинський І. М., Пасічний В. М.</i> Використання гелів з нетрадиційної сировини для виробництва м'ясних напівфабрикатів	№ 5
<i>Дробот В. І., Сорочинська Ю. С., Грищенко А. М.</i> Перспектива збагачення безглютенових хлібобулочних виробів казеїном	№ 5
<i>Горгачова К. Г., Соколова Н. Ю., Макарова О. В., Гордієнко Л. В.</i> Сучасні аспекти використання рослинної сировини для гальмування псування хлібобулочних виробів зниженої вологості	№ 5
<i>Іващенко К. Ю., Стоянова Л. О., Красуля О. О.</i> Аналіз причин і заходів щодо запобігання утворенню токсинів <i>C. botulinum</i> у консервованих продуктах протягом усього виробничого циклу	№ 5
<i>Кочубей-Литвиненко О. В., Яценко О. В., Ющенко Н. М., Кузьмик У. Г., Миколів І. М.</i> Обґрунтування доцільності використання природних наповнювачів у технології масляних паст	№ 5
<i>Дейниченко Г. В., Листопад Т. С., Вишнікін А. Б., Тамен А.-Е.</i> Визначення вмісту йоду в ламінарії та збагаченому нею ягідному соусі	№ 5
<i>Михайлов В. М., Загоруйко О. Є., Загоруйко А. М., Касабова К. Р., Гордієнко І. О.</i> Створення якісно нових плодоовочевих напівфабрикатів і кондитерських виробів на їх основі з оздоровчими властивостями	№ 5

<i>Носенко Т. Т., Музика О. С., Циганкова Г. А., Левчук І. В., Маринченко І. О.</i> Особливості складу олій із насіння ненаркотичних конопель вітчизняної селекції	№ 5
<i>Паска М. З., Маслійчук О. Б.</i> Експрес-метод гігієнічного контролю якості удосконаленого технологічного процесу приготування м'ясних посічених напівфабрикатів з рослинною сировиною	№ 5
<i>Котляр Є. О., Ткаченко Н. А., Здоренко К. С., Радзієвська І. Г.</i> Антиокислювальні властивості олій, отриманих з різних сортів виноградної насіння	№ 5
<i>Сімахіна Г. О.</i> Нові виклики перед харчовою промисловістю України в стратегії поліпшення національного здоров'я	№ 5
<i>Тарасюк Л. А., Олійник С. І., Прибильський В. Л.</i> Актуальність застосування опалювально-щодонового матеріалу у технології горілок	№ 5
<i>Большак Ю. В., Українець А. І., Маринін А. І., Святненко Р. С.</i> Вивчення впливу КВЧ-опромінення води на її структурно-енергетичний стан і можливі біологічні наслідки процесу	№ 5
<i>Сухенко В. Ю., Штонда О. А., Сонько Н. М., Шевчук Л. М.</i> Розробка комплексної харчової добавки на основі тваринної та рослинної сировини для м'ясних продуктів	№ 5
<i>Юкало В. Г., Дацишин К. Є., Семенишин Г. М.</i> Характеристика молекулярних мас продуктів протеолізу концентрату сироваткових білків, отриманих за дії панкреатину	№ 5
<i>Ковтун А. В., Ковбаса В. М., Солошенко К. В., Солошенко В. Ю., Балдинюк О. В.</i> Дослідження вмісту вологості у формованих картопляних чипсах	№ 5
<i>Цісарик О. Й., Мусій Л. Я., Сливка І. М., Готіна О. М.</i> Дослідження окисдантної стабільності кисловершкового масла під час зберігання	№ 5
<i>Баль-Прилико Л. В., Леонова Б. І., Рябовол М. В.</i> Використання харчових апельсинних волокон при виробництві м'ясних продуктів	№ 6
<i>Білько М. В., Олійник А. О., Бабко Д. Є.</i> Полівінілполіпіролідон для запобігання порожівінню у білих винах	№ 6
<i>Івчук Н. П., Башта А. О., Мартиненко Т. А.</i> Вивчення впливу порошків прямих коренеплодів і кореневищ на активність дріжджів <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	№ 6
<i>Гук Є. І., Іщенко В. М., Кочубей-Литвиненко О. В., Іщенко М. В.</i> Співвідношення загального та йонного фосфору у різних видах незбираногої питного коров'ячого молока	№ 6
<i>Капустян А. І., Черно Н. К., Пукас А. С.</i> Розроблення методу визначення функціональних харчових інгредієнтів муропептидного походження у бактеріальних дезінтегратах	№ 6
<i>Радзієвська І. Г., Мельник О. П., Пушинова А. О., Гердчук А. М.</i> Використання олій чорного кмину у складі засобу для волосся	№ 6
<i>Шаповаленко О. І., Рибчинський Р. С.</i> Дослідження параметрів вологотеплової обробки дрібних кукурудзяних пластівців	№ 6
<i>Сімахіна Г. О., Мартиненко Т. А., Закржевський М. В.</i> Нутрієнти для підвищення резистентності організму людини до антропогенних чинників	№ 6
<i>Штонда О. А., Пасічний В. М.</i> Перспективи використання фруктово-ягідної сировини у технології м'ясних натуральних напівфабрикатів	№ 6
<i>Юкало В. Г., Дацишин К. Є.</i> Технологія соєво-молочного комбінованого продукту спеціального призначення з гідролізатом білків сироватки молока	№ 6
<i>Юрчак В. Г., Кравчук Д. М., Шаркова Н. О., Декуша Г. В.</i> Дослідження та оптимізація процесів виготовлення макаронних виробів функціонального призначення з використанням препаратів грибів шийтаке	№ 6
<i>Гащук О. І., Москалюк О. Є., Горішин П. О., Грищенко О. А.</i> Удосконалення технології м'ясо-рослинних консервів з використанням бобових	№ 6
<i>Поварова Н. М., Мельник Л. А.</i> Дослідження композицій білкових добавок тваринного і рослинного походження та їх використання у м'ясних виробках	№ 6
<i>Товма Л. Ф., Євлаш В. В., Коновалова О. В.</i> Обґрунтування рецептурного складу хліба пшеничного з додаванням напівфабрикату «Маса для формування»	№ 6
<i>Олійник С. Г., Самохвалова О. В., Лапицька Н. В.</i> Вплив шроту плодів шипшини на процеси дозрівання та якості житньо-пшеничного хліба	№ 6

Хімічні науки

<i>Кроніковський О. І., Терещук Д. О., Фоменко В. В., Кроніковська О. П.</i> Особливості комплексоутворення та екстракції бісмуту в системі Bi^{3+} –18-краун–6– CCl_3COOH	№ 4
---	-----

Contents of the journal
"Scientific Works of the National University of Food Technologies"
for 2019

Automation and Information Technologies

<i>Gladka M., Boyko R., Hladkyi Y.</i> An estimation of business processes of enterprises using the method of functional and cost analysis of ABC	# 1
<i>Ladanyuk A., Vlasenko L., Lutska N., Smityuh Y.</i> The problem of ensuring the stability of intelligent control system of technological objects	# 2
<i>Horilyi V., Moshenskyi A.</i> Computer appliance for monitoring peat fires in radioactively contaminated areas	# 2
<i>Fedorov A., Shikula E.</i> The creation of a dron remote controlling cross-platform software application	# 3
<i>Zakharov V., Ustinov O., Zmievskii Yu., Myronchuk V.</i> Application of machine learning algorithms in statistical models for prediction and calculation of ozoning processes	# 4
<i>Chaplinskyy Y.</i> Usage of ontology-driven system optimization for food safety tasks	# 4

Biotechnology

<i>Skrotska O., Pirog T., Skrotskyi S.</i> Lignocellulosic wastes as the feedstock for butanol production by clostridia	# 1
<i>Pirog T., Nikitiuk L., Paliichuk O., Lutsai D.</i> The strategy of obtaining microbial surfactants with stable preset properties	# 2
<i>Skrotskyi S., Khomenko L., Pidgorskyi V.</i> Sodium alginate as a basis for immobilization and concentrating of bacteria of genus <i>Clostridium</i>	# 2
<i>Danylkovych A., Bilinskii S.</i> Nano-SiO ₂ application in the manufacturing technology of elastic skins	# 2
<i>Pokoiovets K., Hrehirchak N.</i> Research of probiotic coating for food products	# 2
<i>Korol Ts., Zhukova Y., Petrischenko S., Chumanska G.</i> Influence of white mold cultures on the biochemical parameters of cheeses with different content of fatty phase	# 3
<i>Naumenko O., Kigel N., Bovkun A.</i> Selection of biologically active strains-producers as alternative for artificial preservatives and builders	# 3
<i>Kuyanov V., Targonya V., Myropolskyi O.</i> An estimation of technologies of processing of the second agricultural raw material and bringing of organic fertilizers is after emission of nitrogen	# 3
<i>Voronenko A., Ivakhniuk M., Pirog T.</i> Exopolysaccharide ethapolan synthesis on molasses and sunflower oil mixture depending on the method of molasses preparation	# 3
<i>Lych I., Motsar A., Soloshenko K.</i> Immunomodulatory and antibacterial properties of preparations on the basis of biologically active protein fragments of colostrum	# 3
<i>Hayduk Y., Penchuk Y.</i> Obtaining sweetener by microbial synthesis	# 4
<i>Skrotskyi S., Khomenko L., Vasyliuk O., Zelena L., Voychuk S.</i> Identification of solvotogenic bacteria <i>Clostridium beijerinckii</i> and <i>Clostridium acetobutylicum</i> isolated from natural sources	# 4
<i>Danylkovych A., Khliebnikova N.</i> Modification of collagen-containing materials for forming water-resistant products	# 5
<i>Pirog T., Martyniuk A., Penchuk Yu., Muchnik F.</i> Non-traditional producers of surfactants	# 5
<i>Bodnar O., Skrotska O.</i> Microorganisms as producers of interferones of type I and II: current status of research	# 5
<i>Cherepanskyi V., Hrehirchak N.</i> Preservation viability of the cells as guaranty of quality of probiotic preparations	# 6
<i>Pirog T., Piatetska D., Klymenko N., Shevchuk T., Leonova N.</i> Intensification of auxins synthesis in surfactants producer <i>Nocardia vaccinii</i> IMV B-7405	# 6

Economy, Management and Marketing

<i>Basyuk D., Ivchenko L., Tkachuk N., Veres K.</i> Assessment of the macroeconomic factors impact on the development of the hotel industry in Ukraine	# 1
<i>Pietukhova O., Yamkova A.</i> Development of export activity of the beetroot-sugar complex	# 1
<i>Tyukha I., Polynchik-Yarova T.</i> State, trends and prospects for development of Ukrainian export agricultural products	# 1

<i>Pahomska O.</i> Current state and prospects of development of the restaurant industry in Ukraine	# 1
<i>Milovanov E., Konyashyn A.</i> Peculiarities of organic groats market development in Ukraine	# 1
<i>Kulinich O., Fedorenko N.</i> Theoretical aspects of forming the rating weight of higher educational establishments	# 1
<i>Boiko S., Diachuk Ya.</i> Security of local budgets for the purposes of budget decentralization in Ukraine	# 2
<i>Yemtsev V., Yemtseva G.</i> Socio-economic aspects of organic production manufacturing in Ukraine	# 2
<i>Dragan O.</i> Conceptual approach to talent management at food enterprises	# 2
<i>Berher A.</i> Methodic approach to the selection of price strategy at enterprises of the meat processing industry	# 2
<i>Maznyk L.</i> Social-responsible labor practices: the context of employment	# 2
<i>Butnik-Siverskiy O., Zemko G.</i> Marketing tools in the conditions of modern marketing activity of the enterprises — producers of food industry	# 3
<i>Derevianko O.</i> Instruments of the company's reputation management for different stakeholders: PR, IR and GR	# 3
<i>Penchuk H.</i> Using the metaprogram approach in the work of the personnel manager	# 3
<i>Vialets O.</i> Customers relationship management system: theoretical aspect	# 3
<i>Sobolev A.</i> Risk-oriented management of the radiation safety system of agricultural production in accordance with international standards	# 3
<i>Osadchuk O., Maistrenko V.</i> Theoretical basis for determining the quality as a socio-economic category	# 4
<i>Sotnichenko O.</i> Tax policy in Ukraine and its influence on socio-economic growth	# 4
<i>Kundieieva G., Topchiiy O.</i> Development of meat-processing factories from the position of ensuring food security of Ukraine	# 4
<i>Butnik-Siverskiy O.</i> The ways of counteracting the shadow market of alcohol as a component of economic security	# 4
<i>Hirenko N., Kramarenko D.</i> Economic efficiency of production semi-finished goods "Stuffing with poultry meat and vegetable hydrobionts"	# 4
<i>Strashynska L.</i> The beer consumer market and the modern trends of its development	# 6
<i>Dragan O.</i> Taxonomical estimation of the organization of labour level at the enterprises of meat processing industry	# 6
<i>Berher A.</i> Methodical approach to the forming of corporate social responsibility of meat processing enterprises	# 6

Life Sciences

<i>Ukrayinets A., Simakhina G., Naumenko N.</i> Perspectives of implementation of ayurvedic wellness system in Ukraine: some viewpoints	# 1
---	-----

Mechanical and Electrical Engineering

<i>Vasylykov V., Chepeliuk O., Chepeliuk O.</i> The multicriterian choice of burger forming machine	# 1
<i>Sokolenko A., Shevchenko O., But S., Stepanets O.</i> Closed energy contours in food technologies	# 1
<i>Baluta S., Jovbak V., Kopilova L., Sokolova O.</i> Intelligent electricity management of industrial enterprise	# 1
<i>Mazurenko O., Kolomiets D., Lutsenko V., Mazurenko O.</i> Thermometric methods and devices for measuring the thermal characteristics of food products	# 1
<i>Ponomarenko V., Pushanko N., Slyusenko A., Yeschenko O.</i> Influence of physical properties of liquid on operation of liquid-gas ejectors	# 2
<i>Martseniyyk A., Malejik I., Zotkina L.</i> The plate-type apparatuses and their improvement	# 2
<i>Shevchenko O., Sokolenko A., Stepanets O., But S.</i> Thermodynamic evaluation of secondary energy resources recuperation processes	# 2
<i>Mazurenko O., Kharchenko L., Kolomiyets D., Mazurenko O.</i> Method of joint determination of thermophysical characteristics of materials and metrological characteristics of the thermometric device	# 2
<i>Zaiets N., Shtepa V.</i> The concept use of electrodiators in the water treatment equipment in response to sublethal situations in food production	# 2

<i>Pavelko V., Mudrak B.</i> Retrofitting RENNERS RS-132 screw compressor unit waste heat recovery system	# 2
<i>Shtanheiev K.</i> Hydrostatic depressions in evaporators of sugar production	# 3
<i>Khomenko M., Kukhar V.</i> Improvement of schemes and equipment for cleaning, washing and transportation of sugar beet to processing	# 3
<i>Sorokin A.</i> Determination of the amount of condensates depending on the technical level of the sugar plant	# 3
<i>Ukrainets A., Negrey O.</i> Processes of shelling of walnuts	# 3
<i>Avdeeva L., Makarenko A., Zhukotsky E.</i> Investigation of the influence of fluid hydrodynamic flow in venturi nozzle on intensity of cavitation	# 3
<i>Sokolenko A., Shevchenko O., Vinnichenko I., Maksymenko I.</i> Energy impulse transformations in food production media	# 3
<i>Onyshchenko Y., Zamulko A.</i> Analysis of trends of the consumption of energy resources in food industry in Ukraine	# 4
<i>Nikolishak M., Lementar S., Ponomarenko V., Yakobchuk R., Rindyuk D.</i> Modeling the distribution process of heat carrier in the malt heater	# 4
<i>Bondar V., Solodka K., Vasilenko S., Ivashchenko N.</i> Analysis of the results of an experimental study of the process of vapor condensation on the surface of the cylindrical free-draining liquid jet (Part 2)	# 4
<i>Shevchenko O., Stepanets O., But S., Kostyuk V.</i> Air dryer based on closed energy and material circuits	# 4
<i>Sokolenko A., Maksymenko I.</i> Thermodynamic determination of parameters of phase transitions in the conditions of vacuum technologies	# 4
<i>Negrey O., Ukrainets A.</i> Determination of mechanical characteristics of walnut wood in their processes exfoliation	# 4
<i>Buliy Y., Kuts A., P. Shiyar</i> Increasing of operating characteristics of cycle column mass-exchange apparatus	# 5
<i>Iakymchuk V., Gavva O.</i> Efficient use of energy resources in mechatronic module of packing machines	# 5
<i>Cherevko A., Mayak O., Kostenko S., Sardarov A.</i> Assessment of heat-mass transfer equipment by simulation modeling	# 5
<i>Myronchuk V., Zmievsii Yu., Zakharov V., Ustinov O., Dzyazko Y.</i> Application of ecological methods for processing of nanofiltration permeate of whey and obtaining natural concentrates of mineral substances	# 5
<i>Zavialov V., Myisura T., Zaporozhets Yu., Popova N.</i> The influence of regime parameters on kinetics of continuous vibration extraction of plant raw materials	# 5
<i>Sokolenko A., Shevchenko O., Litvynchuk S.</i> Transition processes in fermentation technologies	# 5
<i>Babanov I., Babanova E., Mykhaylov V., Babkina I., Shevchenko A., Prasol S.</i> Development of the technological process of production of meat milled semi-finished products under infrared heating in the gas medium	# 6
<i>Gaponyuk I.</i> Technology of drying of capillary-porous colloid bodies by decreasing modes	# 6
<i>Horchakova O., Iakymchuk M.</i> Development of the mechatron module for dosing liquid food products	# 6
<i>Derenivska A., Kryvoplias-Volodina L., Tokarchuk S.</i> Simulation modeling of rational parameters of functional modules of packing line	# 6
<i>Brzhezytskyi V., Haran Y., Laposha M., Maslyuchenko I.</i> The influence of profiling the conical part of the insulator on the maximum voltage of the electrical field in its cement-sand bed	# 6
<i>Avdeeva L., Makarenko A., Zhukotsky E.</i> Cavitation technologies for the production of nanopreparations	# 6
<i>Sokolenko A., Maksymenko I., Kostyuk V.</i> Synthesis of activated flow mixers	# 6
<i>Shevchenko O., Bedryk O., Maleta V.</i> Utilization of the main fraction concentrate by the desorption method	# 6
<i>Serediuk V., Chepeliuk O., Chepeliuk O.</i> Substantiation of the operating mode of the equipment for mycelium biomass drying	# 6

Physical and Mathematical Sciences

- Korol A., Medvid N., Hutsalo I., Isai V.* Transport of the Dirac quasielectrons through the step-like potential barrier in the 3D topological insulator # 1
- Levchenko V.* Body waves in a regularly layered medium # 3
- Vyshniak V., Litvynchuk S., Nosenko V., Korobka Y., Dombrovskiy V.* Detection of adulterated beeswax by the method of infrared reflection spectroscopy # 4

Food Technology

- Alexandrov A., Tsykhanovska I., Kaida N., Evlash V.* Development of reproduction of cheese dessert “Slonenia” with the use of food additive “Magnetofood” # 1
- Karputina M., Voitenko M., Khageliia D., Teterina S., Romanova Z.* Non-traditional raw material in the technology of fermented kvass # 1
- Kravchenko M., Kublins’ka I.* The justification of the technology of sauce with a composite mixture of mushroom powders # 1
- Radzievska I., Pasichnyi V., Yushchenko N., Kuzmyk U.* The development of oxystable compositions of ayurvedic spices mixtures for cosmetic industry # 1
- Drobot V., Prihodko J., Berezhna H.* Flour sorghum in the technology of gluten free bread # 1
- Ditrikh I., Ilchuck N., Yefymovych P.* Characteristics of fish zrazy with brassica oleracea (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis* L.) in quality of functional ingredient # 1
- Shapovalenko O., Yevtushenko O., Lyashko H.* Research of the influence of addition of soda and wheat bran on the corn grain extrusion # 1
- Stepankova G., Oliynyk S., Shydakova-Kamieniuka E.* Qualimetric evaluation of the quality of wheat bread with the addition of swirling of oat germ and oilcake of maize germ # 1
- Yasinska I., Ivanova V.* Using of powders of agricultural crops germinated seeds in technology of mayonnaise # 1
- Litvyak V.* The theory and practice of updating of raw materials containing starch for creation of a new foodstuff # 1
- Oliynyk S., Kuts A., Ostryk O., Kovalchuk V., Bey R.* Prediction of the stability of the Distillery drinks # 2
- Tsykhanovska I., Alexandrov A., Kaida N., Evlash V., Kovalenko Z.* Improving the technology of white-pink marshmallow using food additive “Magnetofood” # 2
- Pashova N., Voloshchuk G., Fomenko V., Mank V.* The influence of the flour of partially defatted oil seeds and artichoke on rye bread staling # 2
- Pasichnyi V., Garmash D., Lobodina N., Kryvobik R.* Research of organoleptic parameters during long-term ripening of meat # 2
- Robotko A., Chorna A., Shulga A.* Edible utensils is caring about the environment future of the planet # 2
- Pavliuchenko O., Furmanova Y., Shapovalenko O., Radkevych S.* Improvement of cookies’ technology on the basis of oat flakes for restaurant establishments # 2
- Simakhina G., Naumenko R.* Proving the composition and the methods to obtain the complex of food fibers with variously oriented action # 2
- Ukrainets A., Frolova N.* The analytical information about status of flavors usage in the world and in Ukraine and possibilities of domestic production development # 2
- Dorohovych V., Donets A., Sulyma V., Doroshenko T.* Influence of maltitol, isomaltitol, erythritol on the formation of gluten complex # 2
- Ustymenko I., Polischuk G.* Scientific substantiation of the composition of the sour cream product # 2
- Pahomska O.* Scientific approach to the creation of bakery products of high functional purpose # 2
- Dudko S.* Advantages and problems in studying of massive flour goods baking: literature review. Part 1: internal heat and mass transfer within dough-bread # 3
- Obolkina V., Skrypko A.* Using of wheat malt flour in the creation of technology of recreational butter biscuits # 3
- Shulga N., Gapchenko N.* Investigation of ways for prevention of “late blowing” in hard cheeses # 3
- Milkevych V.* Reduction of sucrose losses during sugar beet storage # 3

<i>Skoryk K., Petrychenko I., Reznichenko Yu.</i> Determination of 1 st carbonation process velocity in approximation to complete displacement mode	# 3
<i>Chorna T., Chorna A.</i> Research of the quality of milk and its falsification	# 3
<i>Shydakova-Kameniuka E., Shklieriev O., Rohova A.</i> Microbiological safety of cream-whipped candies with chia seeds	# 3
<i>Kostenko E., Melnik L., Butenko E., Matko S.</i> The study defensive characteristics of sea buckthorn berries for the ions Pb (II), Cd (II), Hg (II)	# 3
<i>Voloshchuk G., Yarkoviy A., Polutskaya B., Pashova N., Gregirchak N.</i> Research of influence of artichoke flour on the sugars content in scalded rye bread	# 3
<i>Grushkovska A., Matko S., Melnyk L., Tkachuk N.</i> The comparative analysis of the methods of receiving of cornel puree for the sauce production	# 4
<i>Kostenko E., Milyukin M., Butenko E., Ruba-ha N.</i> Studying of the properties of cranberry	# 4
<i>Alekseenko M., Litvyak V., Novikova N.</i> Optimization of technical conditions for obtaining acid-hydrolylated starch	# 4
<i>Ukrainets O., Gregirchak N.</i> Assessment of risks of marmalade products	# 4
<i>Kaminska S., Mysyura T., Simakhina G.</i> The mathematical model for prognosing the amount of ascorbic acid in the frozen berries	# 4
<i>Pahomska O.</i> Implementation of the HACCP system in the production of bakery products	# 4
<i>Golovko N., Golovko T., Gelikh A., Prymenko V.</i> Research of quality indicators of dishes and culinary products with use of semi-finished product of freshwater mussel and their changes during storage	# 5
<i>Grechko V., Strashynskiy I., Pasichnyi V.</i> Using of gels made from untraditional materials to produce meat semi-finished products	# 5
<i>Drobot V., Sorochynska J., Hryshchenko A.</i> Perspective of the enrichment of bakery products by casein	# 5
<i>Iorgachova K., Sokolova N., Makarova O., Gordiienko L.</i> The modern aspects of the use of herbs raw materials to prevent the spoilage of bakery products with low-moisture content	# 5
<i>Ivashchenko E., Stoyanova L., Krasulya O.</i> Analysis of causes and measures for the prevention of <i>C. botulinum</i> toxins in canned products during the entire production cycle	# 5
<i>Kochubei-Lytvynenko O., Yatsenko O., Yushchenko N., Kuzmyk U., Mykoliv I.</i> Justification of the feasibility of use the natural fillers in the technology of butter pastes	# 5
<i>Deinychenko G., Lystopad T., Vishnikin A., Tamen A.-E.</i> Determination of iodine content in laminaria and enriched berry sauce	# 5
<i>Mykhaylov V., Zagorulko O., Zahorulko A., Kasabova K., Gordienko I.</i> Creation of quality new fruit and vegetable semi-finished products and confectionery products with healthy properties on their basis	# 5
<i>Nosenko T., Muzyka O., Cygankova G., Levchuk I., Marynchenko I.</i> Specifics of composition of oil from non-drug hemp of domestic selection	# 5
<i>Paska M., Masliichuk O.</i> Express method of hygienic quality control of the improved technological process of preparation of meat chopped semi-finished products with plant raw materials	# 5
<i>Kotliar Ye., Tkachenko N., Zdorenko K., Radzievska I.</i> Antioxidant properties of oils obtained from different grapeseed varieties	# 5
<i>Simakhina G.</i> New challenges to food industry of Ukraine within the strategy of improvement of national health	# 5
<i>Tarasuk L., Oliynyk S., Prybylskiy V.</i> Relevance of application of opal-chalcedone material in the technology of vodka	# 5
<i>Bolshak Yu., Ukrainets A., Marynin A., R. Svyatnenko</i> Study of the QHF irradiation influence of water on its structural and energy state and possible biological consequences of the process	# 5
<i>Sukhenko V., Shtonda O., Son'ko N., Shevchuk L.</i> Development of complex food supplements based on an animal and vegetable raw materials for meat products	# 5
<i>Yukalo V., Datsyshyn K., Semenishyn G.</i> Characteristics of the molecular weights of whey protein concentrate proteolysis products obtained by the action of pancreatine	# 5
<i>Kovtun A., Kovbasa V., Soloschenko K., Soloschenko V., Baldyniuk O.</i> Research of moisture content in formed potato chips	# 5
<i>Tsisaryk O., Musiy L., Slyvka I., Hotina O.</i> Research of oxidation stability of cultured butter during storage	# 5

<i>Bal'-Prylypko L., Leonova B., Ryabovol M.</i> Use of orange nutritional fibers in producing of meat products	# 6
<i>Bilko M., Oliynyk A., Babko D.</i> Polyvinilpolypyrrolidon to prevent «pinking» in white wines	# 6
<i>Ivchuk N., Bashta A., Martynenko T.</i> Research of spicy roots and rhizomes powder influence on the yeast <i>saccharomyces cerevisiae</i> activity	# 6
<i>Guk E., Ischenko V., Kochubei-Lytvylenko O., Ischenko M.</i> The ratio of total and ionic phosphorous in samples of whole milk and drinking milk	# 6
<i>Kapustian A., Chernov N., Pucas A.</i> Development of the determination method of the muro-peptide originating functional food ingredients in the bacterial desintegrates	# 6
<i>Radzievska I., Melnyk O., Pushnova A., Geredchuk A.</i> Use of oil of black cumin in the composition of the product for hair	# 6
<i>Shapovalenko O., Ribchinskiy R.</i> Modes of tempering treatment in the production of small corn flakes under laboratory conditions	# 6
<i>Simakhina G., Martynenko T., Zakrzhevsky M.</i> Nutrients to increase the resistance of human organism to anthropogenous factors	# 6
<i>Shtonda O., Pasichnyi V.</i> Prospects of use of fruit-berry raw materials in the technology of meat natural semi-filled products	# 6
<i>Yukalo V., Datsyshyn K.</i> Technology of soy-milk combined product for special purpose with milk whey protein hydrolysate	# 6
<i>Yurchak V., Kravchuk D., Sharkova N., Dekusha G.</i> The investigation and optimization of functional pasta production with usage of shiitake mushroom concentrate	# 6
<i>Haschuk A., Moskalyuk O., Gorishniy P., Grishenko O.</i> Improving the technology of canned meat and vegetable products with the use of beans	# 6
<i>Povarova N., Melnyk L.</i> Research of compositions of protein additives of animal and plant origin and their use in meat products	# 6
<i>Tovma L., Evlash V., Konovalova O.</i> Justification of prescription composition of wheat bread with the addition of semi-finished product "Mass for molding"	# 6
<i>Oliinyk S., Samokhvalova O., Lapitskaya N.</i> The influence of meal of rose hips on the ripening and quality of rye-wheat bread	# 6
Chemical Sciences	
<i>Kronikovskii O., Terechuk D., Fomenko V., Kronikovska O.</i> Features of complex formation and extraction of bismuth in Bi^{3+} -18-CROWN-6- CCl_3COOH system	# 4
<i>Oliinyk S., Samokhvalova O., Lapitskaya N.</i> The influence of meal of rose hips on the ripening and quality of rye-wheat bread	# 3

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути видана лише одна стаття автора (як власна, так і в співавторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вичитаних роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами.
4. Анотація англійською та українською мовами (не менше 1800 символів з пробілами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті;
 - викладення основних результатів дослідження;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ 8302:2015. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора.

8. Таблиці (у Word або Excel) можна подавати як у тексті, так і в окремих файлах (на окремих сторінках). Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Слово «Таблиця» і номер друкуються курсивом, заголовок — напівжирним шрифтом.

9. Ілюстрації (креслення, рисунки, схеми, діаграми) мають бути розміщені в тексті. **Обов'язковою вимогою** є надсилання оригінальних файлів рисунків, створених у програмі-редакторі Corel Draw X6.

Вимоги до оформлення рисунків: вісь координат — 0,2 мм, без сітки, сам рисунок (наприклад, крива) — 0,35 мм, текст в рисунку — Times New Roman 9,5, ширина рисунка — до 13 см. Всі рисунки мають бути чорно-білими. Підписи до рисунків набираються безпосередньо під рисунками прямим напівжирним шрифтом. Знімок екрана (скріншот) виконується на світлому фоні.

Фотографії мають бути чіткими та контрастними (формати TIF, JPG з роздільною здатністю 300 dpi), розмірами 6×9. Фотографії друкуються у разі крайньої потреби. Авторам краще завантажити фотографії на хмарний сервіс і у списку літератури дати на них посилання.

10. Математичні формули повинні бути роздруковані з правильним виділенням верхніх і нижніх індексів. Нумерація формул здійснюється арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки. Індеси від скорочених українських слів друкуються прямим шрифтом малими літерами. В індексах, що складаються з двох скорочених слів, після першого скороченого слова ставиться крапка, після другого — крапка не ставиться. Цифри в індексах також друкуються прямим шрифтом. Індеси, позначені латинськими літерами, друкуються курсивом. У формулах літери латинського алфавіту набираються курсивом, грецького й українського — прямим шрифтом.

Хімічні формули набираються прямим шрифтом. Математичні символи, що входять до складу хімічних формул, — курсивом.

Формули вставляються безпосередньо в текст. Прості формули набираються з клавіатури, а складні — за допомогою редактора формул Microsoft Equation 3.0 object або Math Type 5,6. Інші версії редакторів формул є неприйнятними. Символи вставляються тільки через таблицю символів. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

11. Відомості про авторів статті повинні бути наведені за єдиним зразком у вказаному порядку: прізвище (прописними літерами), ім'я та ім'я по батькові (повністю); наукове звання; посада чи професія, місце роботи; телефон, E-mail.

12. Дата надходження статті до редакції (після тексту надрукованого матеріалу).

Використання автоматичного перекладу наукового тексту (статті, анотації, ключових слів) **не допускається**. Переклад має бути належної якості.

Відсутність будь-якого з пунктів переліку, зазначеного вище, рецензії, невідповідність вимогам до оформлення, наявність орфографічних, граматичних, стилістичних помилок, автоматичний переклад елементів матеріалу є підставою **для відмови** в прийнятті статті до друку.

Автор несе відповідальність за додержання вимог чинного законодавства при підготовці матеріалів, у тому числі норм авторського права і достовірність наведених фактичних даних (цитат, посилань, імен, назв тощо).

Адреса редакції:

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

Контактні телефони: міський — (044) 287-92-95, внутрішній — 92-95.

E-mail: npnuht@ukr.net