



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

27

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Харчова
ПРОМИСЛОВІСТЬ

Заснований у 1965 р.

Київ НУХТ 2020

Results of research and development operations on technology of foodstuff, chemical, biochemical, microbiological processes, devices, the equipment, automation of food productions and economy of the food industry are provided.

The journal was designed for scientists, engineers and technical personnel of the food industry

Journal "Food Industry" is included into the list of professional editions of Ukraine of technical sciences (Decree of MES of Ukraine # 241 from March 9, 2016) and the category "Б" (Decree of MES of Ukraine # 612 from May 7, 2019, # 975 from July 11, 2019; in specialties 122, 133, 141, 144, 151, 162, 181), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

The Journal "Food Industry" is indexed by the following scientometric databases:

- Google Scholar
- Index Copernicus

Publications are represented in authoring edition.

Висвітлені результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових виробництв та економіки харчової промисловості.

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

Журнал «Харчова промисловість» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних наук (Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016) та категорію «Б» (Накази МОН України № 612 від 07.05.2019 р. та № 975 від 11.07.2019, за спеціальностями 122, 133, 141, 144, 151, 162, 181), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Журнал «Харчова промисловість» індексується такими наукометричними базами:

- Google Scholar
- Index Copernicus

Статті друкуються в авторській редакції.

Editorial office address:

National University of
Food Technologies
Volodymyrska str., 68,
01601 Kyiv, Ukraine
(044) 287-92-45, 287-94-21
E-mail: tmipt_xp@ukr.net

Адреса редакції:

Національний університет
харчових технологій
вул. Володимирська, 68,
м. Київ, 01601
(044) 287-92-45, 287-94-21
E-mail: tmipt_xp@ukr.net

Recommended for publication by the
Academic Council of the National University of
Food Technologies.
Minutes of meeting № 2 of
October 1, 2020

Рекомендовано вченою радою
Національного університету харчових
технологій.
Протокол № 2 від 1 жовтня 2020 року

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу «Харчова промисловість»

Головний редактор
Editor-in-Chief

Анатолій Соколенко
Anatoliy Sokolenko

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

Відповідальний секретар
Accountable secretary

Сергій Токарчук
Serhiy Tokarchuk

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

Члени редакційної колегії:

Іван Шило
Ivan Shylo

д-р техн. наук, проф., Білорусія
Ph. D. Hab., Prof., Belarusian State Agrarian Technical University,
Republic of Belarus

Станка Дамянова
Stanka Damyanova

д-р техн. наук, доц., Болгарія
DSc, Assoc. Prof., Razgrad Branch of the University of Ruse, Bulgaria

Стефан Стефанова
Stefan Stefanov

д-р инж., проф., Болгарія
DSc, Prof., University of Food Technologies — Plovdiv, Bulgaria

Анатолій Ладанюк
Anatoly Ladanyuk

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

Олександр Серьогін
Oleksandr Ser'ohin

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

Тетяна Пирог
Tetyana Pyroh

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

Олександр Шевченко
Olexander Shevchenko

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

Лариса Арсенєва
Larysa Arsen'yeva

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

Тамара Носенко
Tamara Nosenko

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

Віра Оболкіна
Vera Obolkina

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

Віктор Ємцев
Viktor Yemtsev

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

Віра Юрчак
Vira Yurchak

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

Людмила Пешук
Lyudmyla Peshuk

д-р с-г. 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

Віталій Прибильський
Vitaliy Prybul's'kyu

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

Галина Сімахіна
Nalyna Simakhina

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

Олена Грабовська
Olena Hrabov's'ka

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

Олександр Гавва
Oleksandr Gavva

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

Микола Якимчук
Mykola Yakumchuk

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

Андрій Маринін
Andrii Marynin

канд. техн. наук, ст. наук. співр., Україна
Ph. D., Senior Research Officer, National University of Food
Technologies, Ukraine

Олександр Кургаєв
Oleksandr Kurgaev

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

Світлана Літвинчук
Svitlana Litvynchuk

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

Галина Поліщук
Galina Polischuk

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

Василь Кишенюк
Vasil Kyshenko

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

Наталія Гусятинська
Nataliia Husiatynska

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

Наталія Пушанко
Nataliia Pushanko

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

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ**Сировина та матеріали**

Капрельянц Л. В., Пожиткова Л. Г., Жук О. В., Білик О. А. Функціональні продукти: генезис, сучасний стан і тенденції

Соц С. М., Кустов І. О., Кузьменко Ю. Я. Виробництво круп і площених продуктів при переробці зерна голозерного вівса та голозерного ячменю

Рудюк В. П., Пасічний В. М., Тольюпа Т. І. Розроблення альтернативних рецептур сирних продуктів для використання у м'ясній промисловості

Власенко І. Г., Семко Т. В., Поліщук Г. Є., Борова М. П. Сучасний стан і перспективи розвитку ринку органічної продукції в Україні та світі

Гетьман І. А., Михонік Л. А., Кухаренко І. О. Дослідження вуглеводно-амілазного комплексу борошна круп'яних культур і його сумішей з пшеничним

Технології: дослідження, застосування та впровадження

Махінко В. М., Махінко Л. В., Мельник І. А. Обґрунтування удосконаленої схеми виробництва спеціально випечених панірувальних сухарів

Страшинський І. М., Пасічний В. М., Фурсік О. П. Вплив технології забою на формування функціональних показників м'яса

Соломон А. М., Семко Т. В., Ножечкіна-Єрошенко Г. М. Обґрунтування складу і розроблення технологій десертних ферментованих продуктів функціонального призначення з використанням рослинних наповнювачів

Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Удосконалений спосіб отримання заморожених ягідних напівфабрикатів

РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ**Процеси харчових виробництв**

Олішевський В. В., Бабко С. М., Пушанко Н. М., Українець А. І. Бабко Д. С. Передова технологія використання гідрооксиду алюмінію на цукрових заводах України

Васильківський К. В., Максименко І. Ф., Чагайда А. О., Піддубний В. А., Ступак Ю. О. Створення і підтримання енерго- і масообмінних процесів у газорідних середовищах

Пакування: розробка, дослідження, переробка

Деренівська А. В., Кривопляс-Володіна Л. О., Токарчук С. В. Визначення раціональних параметрів забезпечення стійкості транспортних пакетів методами підвищення сил тертя між шарами тарних вантажів

SECTION 1. TECHNOLOGY**Raw Materials and Materials**

7 Kaprelyants L., Pozhitkova L., Zhuk O., Bilyk O. Unctional foods: the genesis, current status and trends

21 Sots S., Kustov I., Kuzmenko Y. Manufacture of groats and flaked products by processing of naked oats grain and hull-less barley

29 Rudiuk V., Pasichnyi V., Toliupa T. Development of alternative cheese recipes for use in meat industry

37 Vlasenko I., Semko T., Polishcuk G., Borova M. Current situation and prospects of organic products market development in Ukraine and the world

46 Hetman I., Mykhonek L., Kukharenko I. Study of the carbohydrate-amylase complex of cereal flour and its mixture with wheat

Technologies: Researches, Application and Introduction

53 Makhynko V., Makhynko L., Melnyk I. Reasoning of improved flowchart for production of specially baked rusk flour

60 Strashynskyy I., Pasichnyi V., Fursik O. The influence of slaughter technology on the formation of functional indicators of meat

69 Solomon A., Semko T., Nozhechkina-Eroshenko H. Rationale of the composition and development of dessert enzymed products technologies of functional purpose with the use of plant fillers

80 Simakhina G., Naumenko N. The improved method to obtain the frozen berry half products

SECTION 2. PROCESSES AND EQUIPMENT**Processes of Food Industries**

88 Olishkevskyy V., Babko E., Pushanko N., Ukrainets A. Babko D. Advanced technology of using aluminum hydroxide in sugar plants of Ukraine

95 Vasykivskyy K., Maksymenko I., Chagaida A., Pidubny V., Stupak Yu. Creation and maintenance of energy-mass exchange processes in gas-liquid environments

Packing: Development, Researches, Processing

105 Derenivska A., Kryvoplias-Volodina L., Tokarchuk S. Determination of rational parameters for ensuring the sustainability of the transport packaging by methods of increasing the friction forces between layers of packaged items

Якимчук М. В., Кривопляс-Володіна Л. О., Мироненко С. М., Якимчук В. М. Дослідження впливу конструкцій захоплювальних пристроїв на динаміку роботи лінійних двигунів у мехатронних модулях переміщення упаковок

Керування виробничими процесами

Грибков С. В., Сєдих О. Л. Розробка модифікованих ітераційних алгоритмів для розв'язання задачі формування оптимальних варіантів розкладу виконання замовлень

Енергетика та виробничі процеси

Сінат-Радченко Д. Є., Іващенко Н. В., Василенко С. М. Тепловіддача води за поперечного обтікання труб і трубних пучків

114 *Iakymchuk M., Kryvoplias-Volodina L., Myronenko S., Yakymchuk V.* Research of injection devices structure influence to the dynamics work of linear motors in mechatronic modules of packing movement

Control of Production Processes

126 *Hrybkov S., Seidykh O.* Development of the modified iteration algorithms to solve the problem of forming the optimal variants of the order execution schedule

Power engineering and productions

138 *Sinat-Radchenko D., Ivashchenko N., Vasilenko S.* Water heat transfer with transverse flow pipes and tube bundles

УДК 664-613.292

UNCTIONAL FOODS: THE GENESIS, CURRENT STATUS AND TRENDS

L. Kaprelyants, L. Pozhitkova, O. Zhuk
Odessa National Academy of Food Technologies
O. Bilyk
National University of Food Technologies

Key words:

functional foods,
new concepts in nutrition
science,
biologically active
additives,
new technologies and
products,
GMO-products

Article history:

Received 21.05.2020
Received in revised form
10.06.2020
Accepted 01.07.2020

Corresponding author:
bilyklena@gmail.com

ABSTRACT

A short overview on the historic developments is presented which resulted in a scientific consensus on the concept of healthy, organic and functional food, biologically active additives. The preconditions to be fulfilled by the functional foods are summarized. In the functional foods market, the products targeting health and mental well-being have prompted the food industry to increase research and development of these new foods. Despite the uncertainties of existing regulations in Ukraine, outlining the context of a rapidly expanding market and modern areas of scientific activity and trends.

Data on the modern market of functional ingredients, their systematization and classification features, which cover certain health properties, are given. It has been shown that an integrated approach is important in the development of functional products, which includes several interrelated technological stages and technical stages of transformation of a traditional food product into a physiologically functional one.

An important element in the creation of new products is the assessment of the safety of both the functional products and their components, including the evaluation of products obtained by genetic engineering methods.

The review provides a forecast of the development of the latest concepts in the field of nutrition, which should lead to the creation of a new generation of health foods. This paper provides an overview of the current situation of the functional foods and ingredients in the context of creating a new generation of healthy foods. The objective of this analysis is to determine whether, and in what way, the field of functional foods can actually be an opportunity both for food companies, in terms of economic benefit, and for consumers, as an opportunity healthy products.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-3

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОДУКТИ: ГЕНЕЗИС, СУЧАСНИЙ СТАН І ТЕНДЕНЦІЇ

Л. В. Капрельянц, д-р техн. наук

Л. Г. Пожіткова, канд. техн. наук

О. В. Жук, здобувач вищої освіти

Одеська національна академія харчових технологій

О. А. Білик, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано напрями створення оздоровчих і функціональних харчових продуктів нового покоління, органічних харчових продуктів, БАД. У загальних рисах окреслено сучасні тренди і напрями досліджень в цій галузі. Охарактеризовано стан поточної ситуації щодо використання фізіологічно-функціональних інгредієнтів у виробництві функціональних продуктів харчування. Метою проведеного аналітичного аналізу було визначення вагомості функціональних харчових продуктів як для виробників (з точки зору економічної привабливості), так і для споживачів (як можливості отримання продуктів здорового харчування).

Ключові слова: *продукти функціональні, нові концепції в нутриціології, БАД, нові технології і продукти, ГМ продукти.*

Постановка проблеми. В останні роки під впливом низки факторів у споживачів з'явилась потреба в оздоровленні, яка привела до формування оздоровчої самосвідомості, результатом чого стало виникнення і розвиток глобального оздоровчого ринку товарів і послуг «Health and Wellness» (здоров'я і здоровий спосіб життя). Харчова промисловість почала перебудовуватись на виробництво продуктів з новими якостями, які поліпшують і зміцнюють здоров'я, тому перетворюється в окрему індустрію фізіологічно функціональних продуктів харчування людини.

Особливо це пов'язано з ростом хронічних захворювань і встановленням їхнього причинного зв'язку з незбалансованим харчуванням і екологічними проблемами. До харчових продуктів стали відноситись і як до ефективного засобу підтримки фізичного і психічного здоров'я, зниження ризиків багатьох серйозних захворювань [1; 2].

Загалом, усі продукти харчування є фізіологічно функціональними, тому що забезпечують смак, аромат і поживні властивості їжі. Проте в наш час продукти харчування інтенсивно досліджуються на предмет додаткових фізіологічних переваг, які можуть знизити ризик хронічних захворювань чи іншим чином оптимізувати здоров'я людини. Саме результати цих досліджень привели до глобального інтересу до харчових продуктів, які отримали назву функціональних.

Ця концепція була вперше розроблена в Японії в 1980 роках, коли, зіткнувшись зі зростанням витрат на охорону здоров'я і соціальне забезпечення, уряд цієї країни ініціював систему регулювання складу певних продуктів харчування з корисними властивостями для здоров'я старіючого населення країни. Ці продукти були визнані як оздоровчі для спеціального медичного призначення [3].

Те, що харчові продукти можуть забезпечити і терапевтично-профілактичну користь, явно не нова концепція. Принцип «Нехай їжа буде твоїми ліками, а ліки — твоєю їжею» був проголошений 2500 років тому Гіппократом. Проте ця філософія

«їжа як ліки» протягом 19 століття була не зовсім ясною і стала відносно зрозумілою з появою сучасної лікарської терапії.

У 1900-х роках важлива роль дієти в профілактиці захворювань і зміцненні здоров'я знову вийшла на перший план. Протягом перших 50 років ХХ ст. наукова увага приділялася виявленню мікрокомпонентів їжі, зокрема вітамінів та інших мікронутрієнтів, і з'ясуванню їхньої ролі в профілактиці різних захворювань, які пов'язані з недостатнім харчуванням.

Експерти з харчування виділяють 5 основних типів харчування людини, які змінювалися в процесі еволюції: 1) періоду «збиральництва», 2) під час голоду, 3) під час відступаючого голоду, 4) яке породжує хвороби і 5) після усвідомлення зміни способу життя [4].

Наука про харчування розвивалася паралельно з цими типами харчування людини і в ХІХ ст. розглядала їжу тільки як джерело підтримки життя. На кінці ХІХ і початку ХХ ст. — їжа зручна для зберігання і використання (співвідношення харчових речовин, конструктивні продукти, масове промислове виробництво). З 80-х років ХХ ст. розвивається напрям досліджень збалансованого, раціонального харчування і функціональних продуктів (поглиблений хімічний аналіз складу харчових продуктів, цільові групи, оздоровчі властивості їжі). Останнє десятиріччя характеризують як еру нутригенетичної їжі (молекулярний підбір раціону харчування, виготовлення персональної їжі, цифрова нутриціологія, геномні технології — нутріом, метаболом, механізми впливу нутрієнта на експресію генів, антронутриціологія).

Тож фундаментальні дослідження в науці про харчування поділяють на три етапи: еру фізіології (192—1890 рр.), еру біохімії (1960—2010 рр.) і, починаючи з 2010 р., еру молекулярної нутриціології (нутригенетика, протеоміка, метаболоміка нанотехнології).

Дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених показали, що харчування — це найважливіший фактор зовнішнього середовища, від якого вирішальним чином залежить здоров'я і благополуччя людини [1; 2; 4].

Провідна роль у забезпеченні нормального росту й розвитку організму, захисту його від хвороб, шкідливих впливів, підтримання активного довголіття належить їжі й харчуванню. Однак наука про харчування людини нутриціологія не є набором раз і назавжди встановлених істин [5].

Фізіологічні потреби людини в основних харчових речовинах і енергії змінюються разом зі зміною умов праці і побуту, також не залишаються незмінними набір і якість продовольчої сировини і продуктів харчування, технологічні прийоми їх переробки і зберігання, які суттєво впливають на хімічний склад і харчову цінність цих продуктів [6; 7].

Здоров'я людини значною мірою визначається харчовим статусом, що підтверджено генезисом стану харчування людини. Здоров'я можна зберегти тільки за умови повного задоволення фізіологічних потреб в енергії та харчових речовинах. Вивчення раціонального харчування різних груп населення України показало надмірне споживання хлібопродуктів, цукру, тваринних жирів, яєць [8]. Якщо розглянути профіль споживання основних харчових речовин, то головні порушення в харчовому статусі українців: надлишок тваринних жирів і вуглеводів, дефіцит поліненасичених жирних кислот (ω -3 та ω -6), повноцінних тваринних білків, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон [9; 10].

Крім того, ХХІ ст. внесло значні зміни до способу життя, характеру праці, екології, зростання стресових навантажень і структури харчування. Зокрема майже в вдвічі скоротилися енерговитрати, малий обсяг натуральної їжі при практично незмінній з минулих часів харчовій щільності, тобто насиченість продукту харчовими речовинами не дає змоги навіть теоретично забезпечити організм усіма харчовими речовинами, особливо мікрокомпонентами їжі, яких більше 600 [11; 12].

Унаслідок порушення харчового статусу зростає кількість хворих людей (серцево-судинні, онкологічні, діабет, остеопороз тощо). За деякими епідеміологічними даними в Україні всього 20...25% населення вважається здоровим [13].

У зв'язку з цим сьогодні першочерговим є вирішення проблем фундаментальних досліджень у галузі забезпечення населення країни здоровим харчуванням, розробка прогресивних технологій і створення на їх основі нового покоління вітчизняних продуктів здорового харчування, підвищеної харчової цінності на основі сучасних досягнень нутриціології.

Метою дослідження є узагальнення та аналіз сучасних наукових досліджень, публікацій щодо розвитку харчової науки і технології, зокрема визначення особливого місця функціональних продуктів у концепції оптимального харчування.

Викладення основних результатів дослідження. Внаслідок розвитку харчування людини за три останні століття їжа зазнала істотних змін, пов'язаних з розвитком фундаментальних досліджень у науці про харчування, так і з особливостями сучасного раціону харчування як інтегрального фактора ризику для здоров'я. Сучасна нутриціологія є мультидисциплінарною багатопрофільною наукою, покликаною вирішувати принаймні три основні завдання [14]:

- визначення фізіологічних потреб в енергії, харчових речовинах (макро- і мікронутрієнти) і мінеральних біологічно активних речовинах;
- забезпечення безпеки їжі, виявлення токсикантів, оцінка їх ризику для здоров'я, розробка методів їх виявлення, ідентифікації та кількісного визначення;
- визначення ролі аліментарних факторів в етіології, патогенезі, профілактиці та лікуванні хвороб.

Сучасна концепція оптимального харчування спрямована на оптимізацію корисних факторів харчування і, як наслідок, здоров'я населення. Концепція оптимального харчування має на увазі, що раціон харчування сучасної людини повинен включати три складові: натуральні природні продукти, збагачені або функціональні продукти (ФП) і біологічно активні добавки (БАД) [15; 16]. Тільки об'єднання цих трьох чинників може в сучасних умовах підтримати здоров'я нації на оптимальному рівні (рис. 1).

В основі сучасних уявлень про здорове харчування повинна лежати концепція оптимального харчування, яка передбачає необхідність і обов'язковість повного забезпечення потреб організму не тільки в енергії, есенціальних макро- і мікронутрієнтах, а також у цілому ряді незамінних мінорних нехарчових компонентів їжі, перелік і значення яких не можна вважати остаточно встановленими (біофлавоноїди, індол, ізотіоціанати тощо).

Есенціальність багатьох мінорних компонентів їжі для збереження здоров'я і більшою мірою для зниження ризику ряду хронічних захворювань знайшла підтвердження в дослідженнях останніх років, у зв'язку з чим їх визначають як хемопротектори та хемопревентори, [17; 18].

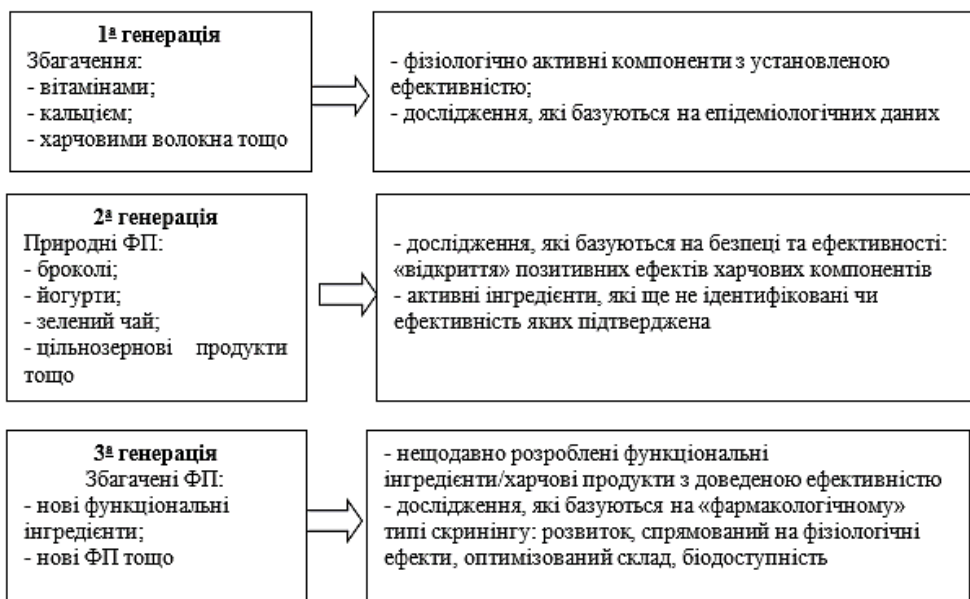


Рис. 1. Три генерації функціональних продуктів

Стратегія нових харчових технологій рекомендує нову модель харчової промисловості, яка пропонує споживачам високу якість і широкий асортимент продуктів. Ця модель, або «піраміда» харчової промисловості (рис. 2) базується на чотирьох складових: якість, різноманіття, походження і надійність.



Рис. 2. Піраміда харчової промисловості

Крім безпеки та користі, споживачі висувають до продуктів майбутнього ряд вимог: зручність і задоволення, інформація про харчову цінність, етичні аспекти, які пов'язані з їхнім походженням і засобами виробництва.

Біо-, еко-, органічні продукти знаходяться з точки зору якості на вершині піраміди. Це екологічно чиста продукція, яка в процесі своєї обробки, виробництва і продажу підлягає ретельним перевіркам, що забезпечує її якість. Крім того, ця продукція контролюється протягом усього виробничого циклу — від збору врожаю, підготовки, переробки, продажу до переробки відходів [19]. Саме цим можна пояснити ажіотажний попит жителів ЄС на біопродукти, вироблені із сировини, що вирощується без інтенсивного використання хімічних препаратів і мінеральних добрив [20].

Продаж органічних продуктів зростає в середньому на 7...9% на рік, і обсяг цього ринку зараз досягає близько 20 млн євро. Світовими лідерами виробництва органічних продуктів є Австралія і Аргентина, в Європі — Італія та Австрія. Вартість таких продуктів на 5...10% вища, ніж традиційних продуктів харчування. Найбільш високий обсяг споживання органічних продуктів у світі в таких секторах, як молоко і молочні продукти (26%), підсолоджувачі й харчові добавки (10%), упаковані фрукти й овочі (16%), напої (9%), дитяче харчування (6%), хлібопродукти (5%), приправи (6%) тощо [21; 22].

Сьогодні в Україні працює близько 400 органічних сільськогосподарських виробників. Загалом ми на 20 місці в світі та одинадцяті в Європі за площею сільськогосподарських угідь під органічним виробництвом. Продаємо продукцію до більш ніж 40 країн. Частка такої продукції і сировини на експорт становить 90%. Це, переважно, європейські країни: Нідерланди, Німеччина, Велика Британія, Італія, Австрія, Польща, Швейцарія, Бельгія, Чехія, Болгарія, Угорщина. Дуже цінують українські органічні продукти в Америці та країнах Азії. Утім частка органічної продукції зростає: за останні 5 років органічні сільськогосподарських угіддя зросли на 54%, до 421,5 тис. га. Із них 48,1% зайняті під вирощуванням зернових (7-е місце серед країн-виробників органічних зернових). Понад 16% займають олійні (5-е місце в світі), 4,6%-бобові (7-е місце). Під овочами зайнято 2% угідь (10-е місце), а під фруктами — 0,6% [23; 24].

Наступна категорія «здорових» продуктів харчування на продовольчому ринку — це функціональні продукти харчування (ФП). Це продукти, створені людиною з метою надання їм будь-яких конкретних властивостей, спрямованих на підтримку здоров'я. Ключовий момент у розробці функціональних продуктах (ФП) — їхня ідентифікація й оцінка можливих наслідків, наприклад, поліпшення стану здоров'я і самопочуття або збереження ризику захворювань [9; 24].

Основний принцип створення ФП полягає в тому, що вони повинні зміцнювати здоров'я людини шляхом впливу на певну фізіологічну реакцію організму. Розробка ФП — це спосіб, який за допомогою сучасних досягнень науки про харчування може змінити склад продукту таким чином, щоб вплинути на стан здоров'я людини. У наведеній нижче таблиці показано технічні можливості й шляхи їх вирішення при створенні ФП.

Основні функції ФП в організмі людини такі:

- 1) компенсація дефіциту компонентів в організмі;
- 2) підтримання нормальної функціональної активності органів і систем;
- 3) зниження ризику різних захворювань, створення дієтичного фону;
- 4) підтримання корисної мікрофлори в організмі людини [3; 10; 16].

Таблиця. Технічні можливості і рішення при створенні функціональних продуктів

Завдання	Можливе вирішення
Усунення шкідливих компонентів	Мембранне сепарування, ферментні процеси, екстракція суперкритичної рідини
Підвищення концентрації корисних природних компонентів	Технології ферментації, ферментні процеси, мембранне сепарування
Модифікація природних компонентів для підвищення біоактивності	Спеціально розроблені ферментні процеси, переробка під високим тиском
Додавання неприродних корисних компонентів	Процеси ферментації, емульсійні технології, переробка під високим тиском
Заміна шкідливих компонентів корисними	Екстракція суперкритичної рідини, хроматографічні методи, мембранне сепарування
Підвищення біодоступності корисних компонентів	Технології ферментації, мікрокапсулювання, пульсуючі електричні поля
Поліпшення збереження корисних компонентів в сировині та продуктах живлення	Процеси інкапсулювання, сферична упаковка

Функціональний харчовий інгредієнт (ФІ) — це живі мікроорганізми, речовина чи декілька речовин різного походження (тваринного, рослинного, мікробіологічного, мінерального) чи ідентичні натуральним в складі ФП (не менше 15% від добової фізіологічної потреби у розрахунку на одну порцію продукту харчування), який має здатність надавати науково обґрунтований і підтверджений ефект на фізіологічні функції, процеси обміну речовин в організмі людини при регулярному використанні ФП, який їх вміщує.

Сучасний ринок ФП ефективно використовує близько 10 класів ФІ. Згідно з даними Федерації європейських спеціалізованих харчових інгредієнтів (EUSFI) до них відносять: вітаміни, провітаміни і вітаміноподібні речовини (групи В, А, Д, С, Е, В₁₂, РР, каротиноїди, лікопін, лютеїн, біотин, фолієва кислота, коензим Q10 та ін.), харчові волокна (розчинні і нерозчинні), білкові речовини (рослинні, молочні білки, колаген, желатин, частково гідролізовані колаген і желатин, гідролізати колагену, казеїну, колагенові пептиди), мінеральні речовини (Са, Fe, Mg, Zn і ін.), ліпидовміщуючі та поліненасичені жирні кислоти (мікрокапсульований риб'ячий жир, арахідове масло, кон'югована ліноленова кислота, структуровані ліпіди, ω -3 і ω -6), пробіотики (біфідобактерії, лактобактерії та ін.), пребіотики (фруктоолігосахариди, лактулоза, ксилоолігосахариди, галактоолігосахариди, ізомальтоолігосахариди, трегалоза і ін.), глікозиди, поліфеноли (червоного вина, фруктів і ягід, картоплі стандартизований), рослинні екстракти (алое, гінго, бальзаму, лимоннику, женьшеню, зеленого чаю і ін.) інші ФІ (кофеїн, мікрородорості, селенвмістні дріжджі, L-карнітин, креатин моногідрат чи фосфат і ін.) [3; 4; 15; 25].

Сьогодні на ринку наявна достатня кількість ФІ, систематизація яких гарантує повноту охоплення їх властивостей, а також сприяє оцінці внеску як одного, так і декількох інгредієнтів у функціональну направленість харчового продукту з оцін-

кою механізму їх взаємодії. Для обґрунтування використання ФІ при розробці рецептур ФП розглядають підходи, які дають змогу враховувати низку ознак: функціонально фізіологічне призначення з доказовою базою оздоровчого ефекту, джерело отримання, специфіка хімічного складу, функціонально технологічні властивості і сумісність з компонентами продукту, органолептичні властивості, безпечність.

Для реалізації поставлених перед харчовою промисловістю завдань встановлено, що при розробці ФП дуже важливий інтегральний підхід, який включає декілька взаємопов'язаних етапів, які дають змогу реалізувати концепцію нового продукту (рис. 3).

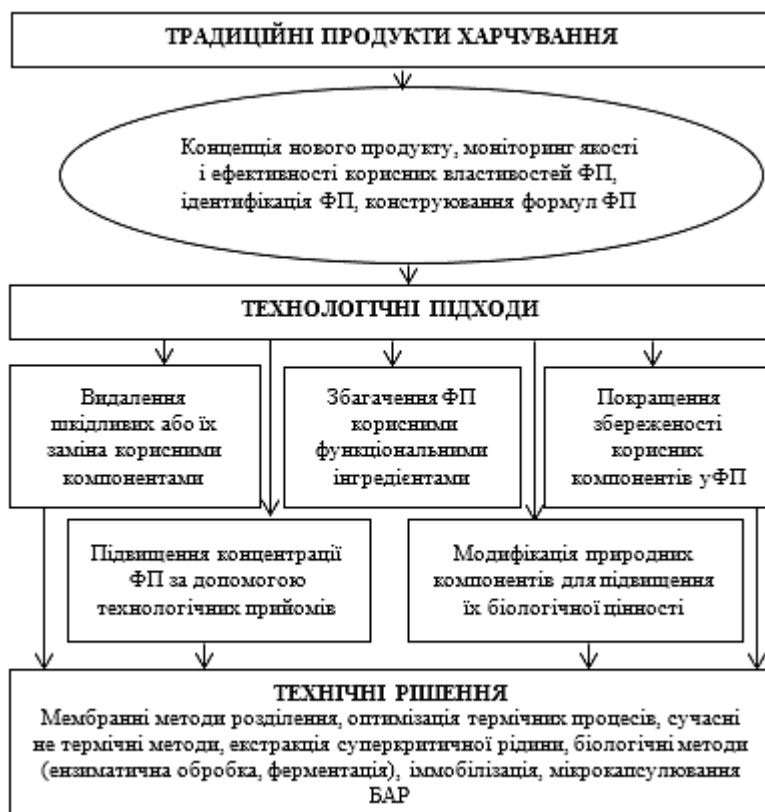


Рис. 3. Реалізація концепції нового продукту

Використання такого принципу забезпечить реалізацію ряду технологічних і технічних рішень при виробництві ФПХ з різної зернової сировини [9; 25].

Дослідження останніх років показали, що сьогодні ФПХ у світі складають не більше 10...18% усіх відомих харчових продуктів. У ЄС випускають понад 35% ФП від загального обсягу вироблених продуктів харчування. Лідерами виробництва ФП є Німеччина (37%), Франція (35%), Велика Британія (35%) [26].

В Україні найбільш поширеними ФП є молочні продукти (67%), зернові продукти (19%) та хлібобулочні вироби (19%) [1; 9].

У науково-технічній літературі в останні роки багатьом харчовим продуктам, які пройшли певну переробку, присвоюється статус нового продукту. Нові харчові

продукти — це такі, які стають харчовими в результаті використання модифікованих фізичних, хімічних або біоінженерних технологій, а також продукти, які не споживалися раніше людиною [24; 25].

Нові харчові продукти можуть бути отримані з мікроорганізмів, рослин, тварин і їхніх трансгенних форм. Найважливіше завдання при виробництві — оцінка безпеки цих продуктів та їхніх компонентів (рис. 4).

До нових харчових продуктів відносяться продукти [1; 15]:

- містять ГМО або повністю складаються з них;
- мають нову або цілеспрямовано модифіковану первинну молекулярну структуру;
- складаються або виділені з продуктів тваринного походження, за винятком продуктів харчування і їхніх компонентів, отриманих за допомогою традиційних технологій і звичайних методів розмноження тварин;
- які проходять нестандартну переробку, в результаті чого істотно змінюється склад або структура продукту, що впливає на харчову цінність і вміст небажаних речовин.

Трансгенні або генетично модифіковані (ГМ) продукти — це нові продукти, отримані з рослин, у ДНК яких введено особливий ген, завдяки чому в них з'являється різноманітність нових властивостей. На відміну від звичайної (традиційної) селекції, молекулярна (генна) селекція дає змогу вводити в конкретний ген у рослину, тварину чи мікроорганізм певного генотипу, що значно підвищує якість і ефективність селекційної роботи.

Трансгенні рослин займають уже більше 100 млн га. Сьогодні на вітчизняному ринку представлені калібровані зерна кукурудзи, картопля, помідори, соєві продукти, молочні, м'ясні і хлібобулочні вироби [27; 28].



Рис. 4. Оцінка безпеки нових харчових продуктів або їхніх компонентів

Дослідження українського ринку м'ясних продуктів, проведених Всеукраїнським центром стандартизації, метрології та сертифікації захисту прав споживачів,

показали приголомшливі результати: з 42 зразках ковбас, сосисок, пельменів половина містила ГМО, а у 18% — на рівні, який перевищує безпечні (0,9%). Лише в половині продуктів на упаковці містилася інформація про вміст соєвого білка. У 8 зразках вміст ГМО становив понад 5%.

Споживач задає справедливе запитання: чи треба боятися харчових виробів отриманих з ГМ — джерел і продуктів, що містять їх компоненти?

Наявна в українському суспільстві настороженість і навіть підозрілість до подібних продуктів не дозволяє сьогодні нікому давати тверді гарантії безпеки споживання ГМ продуктів. Все одно багато хто не повірить, тому краще звернутися до думки фахівців фундаментальної і прикладної науки.

Із самого початку, коли людина створила штучні умови для обробки рослин і вирощування тварини, вона вторглася в навколишнє середовище й стала його змінювати, пристосовуючи для своїх потреб. Навіть примітивне сільське господарство передбачає отримання й розведення рослин і тварин з такими зовнішніми ознаками, які не існують і не можуть існувати в дикій природі. Тобто людина протягом багатьох тисячоліть за бажанням комбінус спадкові ознаки, тож усе розмаїття сортів рослин і порід тварин виникло в результаті маніпуляцій з генами.

Майже всі наші традиційні продукти харчування — результат природних мутацій і генетичної трансформації, які служать руйнівними силами еволюції. Фактично генетична інженерія — це метод, заснований на досягненнях клітинної та молекулярної біології, що використовується сьогодні нарівні з традиційними методами селекції. Час, в якому ми живемо, поки перший етап розвитку біотехнології — вік генетично модифікованих з поліпшеними агрономічними характеристиками продуктів (стійкими до вірусів, паразитів, гербіцидів). Це кукурудза, соя, буряк, картопля, бавовник. Використання таких рослин дає змогу майже повністю відмовитися від хімічних засобів захисту рослин і добрив [29].

Україна за два-три роки від піку другого етапу — створення рослин з поліпшеною харчовою цінністю: олійні з підвищеним вмістом ліпідів, мінеральних речовин; рис, що містить вітамін А; кукурудза з підвищеним вмістом лізину.

Більш віддалене, але не менш реальне, на думку генетиків [30; 31], майбутнє створення рослин, які продукують хімічні речовини (вакцини, антивірусні речовини, імуномодулятори, протипухлинні речовини). Потрібно відзначити, що генно-інженерні методи вже давно використовуються у фармацевтиці для виробництва ліків (інсулін, інтерферон і гормональні препарати).

Слід відзначити, що на сьогодні не зареєстровано жодного випадку, який довів, що ГМ продукти харчування небезпечні для здоров'я. Простий приклад, США є безумовним лідером з виробництва і споживання ГМ продуктів. При цьому в країні, де улюбленим способом раптового збагачення є суди, не було подано жодного позову до компаній, що виробляють ГМ продукти. Також немає жодного наукового підтвердженого факту будь-якої шкоди, заподіяної споживанням їжі, виробленої з ГМ сировини.

Україна в 2001 р. приєдналася до Картахенського протоколу про біобезпеку та біологічне різноманіття, а в 2003 р. прийнято закон про приєднання до Картахенського протоколу. Цей документ регламентує правила, за якими ГМ продукти рослинного походження можуть експортуватися з однієї країни в іншу. У світі склалися кілька моделей регуляції в галузі безпеки використання ГМ продуктів [32].

Північноамериканська модель діє в США і Канаді, де немає національних федеральних законів, що стосуються ГМ продуктів, оскільки продукція з їх використанням не вважається чимось особливим, тож на неї поширюються чинні закони.

У ЄС прийнято кілька директив, які регулюють взаємовідносини в цій сфері. Також у ЄС діють правила обов'язкового маркування продукції, що містить ГМ компоненти. Такі правила введені в Росії і Японії. Аналогічні підходи і в Україні [33].

Отримані дані про використання ГМ продуктів є занадто суперечливими, щоб робити однозначні висновки. Однак вчені визнають і підтверджують наявність окремих ризиків для здоров'я людини. Саме тому необхідно здійснювати суворий контроль за створенням, використанням та обігом ГМ продуктів.

Найважливіше завдання державної політики — нормативно-правове забезпечення безпеки використання продуктів харчування, вироблених з ГМ рослин, і створення системи державного контролю їх обігу.

Сьогодні ми стоїмо біля витоків цього нового і перспективного напрямку в нутриціології. У той же час галузі харчової та фармацевтичної промисловості виробляють різні види функціональних продуктів харчування і біологічно активних добавок до їжі.

Таким чином, на базі сучасних концепцій в нутриціології вирішується найважливіший комплекс наукових проблем по розробці нових високоефективних технологій і створення на їх основі нового покоління продуктів здорового харчування (рис. 5).



Рис. 5. Створення нового покоління продуктів здорового харчування

На відміну від традиційної, сучасна (нова) технологія — це технологія, яка за своїм змістом може бути абсолютно новою, тобто містити нові, невідомі раніше операції, їх послідовність і параметри, або ж бути похідною від традиційної, тобто містити основні її ознаки, але відрізнятися вдосконаленими окремими операціями, їхньою послідовністю або іншими параметрами.

Слід також зазначити, що чим краще ми сьогодні розуміємо взаємозв'язок між харчовими продуктами, харчуванням і здоров'ям, тим очевидніше, що харчові продукти щось більше, ніж нутрієнти і не нутрієнти. Програма ВООЗ «Здоров'я для всіх» рекомендує, щоб усі країни — члени цієї організації звернули увагу на «детермінанти здоров'я», найголовнішою з яких є продукти харчування.

Висновки. Головна особливість сучасних харчових технологій, і тим паче харчових технологій майбутнього, полягає в тому, що, на відміну від технологій початку ХХ ст., вони в переважній більшості спираються на досягнення фундаментальної науки. Сьогодні розвиток виробництва харчових продуктів немислимий без фундаментальних наукових досліджень і високотехнологічних промислових систем. Харчові технології майбутнього — це нова сировина і нові властивості традиційної сировини, нові способи перетворення вихідної сировини в харчові продукти та інгредієнти, нові рецептури продуктів харчування, нові пакувальні матеріали, які забруднюють навколишнє середовище, гнучкі технології, що забезпечують широкий асортимент харчових продуктів і їхню високу якість.

В Україні необхідно розробляти концептуальні основи обґрунтування харчових технологій майбутнього, створювати наукову базу для винаходів і шляхів їхньої інженерної реалізації. Головним із таких напрямів є розвиток функціональних харчових продуктів в Україні, які призначені для систематичного споживання в складі харчових раціонів усіма віковими групами здорового населення, з метою зниження ризику розвитку захворювань, пов'язаних з харчуванням, збереженням і поліпшенням здоров'я завдяки наявності у складі фізіологічно функціональних харчових інгредієнтів.

У майбутньому функціональні продукти, безумовно, ввійдуть у повсякденне життя кожної людини. Це єдиний спосіб, який реально дає змогу вирішити глобальну проблему оптимізації харчування, збереження здоров'я і продовження життя людини. Тому сьогодні зусилля вчених спрямовані на розробку і виробництво як новітніх функціональних продуктів та інгредієнтів, так і обґрунтування оптимальних структур харчування, включаючи такі напрямки досліджень, як нутригеноміка (дослідження впливу різних компонентів їжі на експресію генів) з метою створення персоналізованого харчування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Капрельянц Л. В., Хомич Г. П. Функциональные продукты: тенденции и перспективы. Харчова наука і технологія. — 2012. — № 4. — С. 5—8.
2. Phillips C. M. Nutrigenetics and metabolic disease: current status and implications for personalised nutrition. *Nutrients*. — 2013. — Т. 5. № 1. — С. 32—57.
3. Bailey R. Functional Foods in Japan: Foshu (“foods for Specified Health Uses”) and “foods with Nutrient Function Claims”. *Regulation of Functional Foods and Nutraceuticals: A Global Perspective*. — 2005. — С. 247—262.
4. Drewnowski A., Popkin B. M. The nutrition transition: new trends in the global diet. *Nutrition reviews*. — 1997. — Т. 55. № 2. — С. 31—43.
5. Cederholm T. ESPEN guidelines on definitions and terminology of clinical nutrition. *Clinical nutrition*. — 2017. — Т. 36. № 1. — С. 49—64.

6. Орлиен В., Болумар Т. Биохимические и пищевые изменения при переработке и хранении пищевых продуктов. *Продукты*. — 2019. — Т. 8. № 10. — С. 494.
7. Poulain J. P. The sociology of food: eating and the place of food in society. — USA: Bloomsbury Publishing, 2017. — 312 с.
8. Григоренко О. До питання моніторингу стану харчування населення України. Товари і ринки. — 2010. — № 2. — С. 118—124.
9. Kaprelyants L., Yegorova A., Trufkati L., Pozhitkova L. Functional foods: prospects in Ukraine. *Food Science and Technology*. — 2019. — Т. 13. № 2. — С. 15—23.
10. Vasundhara Kain, Kevin A. Ingle, Maureen Kachman, Heidi Baum, Gobinath Shanmugam, Namakkal S. Rajasekaran, Martin E. Young and Ganesh V. Halade. Excess ω -6 fatty acids influx in aging drives metabolic dysregulation, electrocardiographic alterations, and low-grade chronic inflammation. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. — 2018. — Т. 314. № 2. — С. 160—169.
11. Amuna P., Zotor F. B. Epidemiological and nutrition transition in developing countries: impact on human health and development: The epidemiological and nutrition transition in developing countries: evolving trends and their impact in public health and human development. *Proceedings of the Nutrition Society*. — 2008. — Т. 67. № 1. — С. 82—90.
12. Ivankin A. N., Vostrikova N. L., Kulikovskii A. V., Oliferenko G. L. Microcomponents of food systems based on animal and other raw materials. Theory and practice of meat processing. — 2018. — Т. 3. № 1. — С. 16—28.
13. Капрельянц Л. В., Петросьянц А. П. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології. — Одеса: Друк, 2011. — 269 с.
14. Закон України. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17>.
15. Eussen S. R. B. M., Verhagen H., Klungel O. H., Garssen J. van Loveren H. Functional foods and dietary supplements: products at the interface between pharma and nutrition. *European journal of pharmacology*. — 2011. — Т. 668. — С. 2—9.
16. Алешков А. В. Биологически активные добавки в системе современного питания. Вестник Хабаровской государственной академии экономики и права. — 2013. — №. 2. — С. 70—79.
17. Gharibzahedi S. M. T., Jafari S. M. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*. — 2017. — Т. 62. — С. 119—132.
18. Tsakiridou E., Boutsouki Ch., Zotos Yo., Mattas K. Attitudes and behaviour towards organic products: an exploratory study. *International Journal of Retail & Distribution Management*. — 2008. — Vol. 36. № 2. — С. 158—175.
19. Luttkholt L. Willer H. Global Organic Market Overview. — IFOAM-Organics International, 2019. — 287 с.
20. Nechaev V., Mikhailushkin P., Alieva A. Trends in demand on the organic food market in the European countries. *MATEC Web of Conferences. EDP Sciences*. — 2018. — Т. 212. — С. 07008.
21. Sadiq M., Bharti K. Dispositional traits and organic food consumption. *Journal of Cleaner Production*. — 2020. — С. 121961.
22. Закон України. Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19>.
23. Ринок органічної продукції України-2018: стан і виклики. *AgroPolit.com*: [Веб-сайт]. Полтава, 2020. — URL: <https://agropolit.com/blog/313-rinok-organichnoyi-produktsiyi-ukrayini-2018-stan-i-vikliki> (дата звернення: 28.05.2020).
24. Shahidi F. Nutraceuticals, functional foods and dietary supplements in health and disease. *Journal of Food and Drug Analysis*. — 2012. — Т. 20. № 1. — С. 226—230.
25. Kaprelyants L., Pozhitkova L., Buzhylov M. Application of co-bioprocessing techniques (enzymatic hydrolysis and fermentation) for improving the nutritional value of wheat bran as food functional ingredients. *Eurika: Life Sciences*. — 2019. — №. 5. — С. 31—45.

26. Bogue J., Collins O., Troy A. J. Market analysis and concept development of functional foods. Developing new functional food and nutraceutical products. Academic Press. — 2017. — С. 29—45.

27. Singh Om. V., Shivani Ghai, Debarati Paul, Rakesh K. Jain Genetically modified crops: success, safety assessment, and public concern. Applied microbiology and biotechnology. — 2006. — Т. 71. № 5. — С. 598—607.

28. Blume Y. B. Key issues for Ukrainian acceptance of genetically modified plants and a comparison with other Central and Eastern European Countries. Proceedings of the Sixth International Symposium on the Biosafety of Genetically Modified Organisms (Fairbairn, C., Scoles, G. and McHughen, A., eds). Saskatoon, Canada: University Extension Press. — 2000. — С. 15—20.

29. Скроцька О. І., Мор'єва О. В. Досягнення сучасних біотехнологій для отримання модифікованих продуктів харчування. Харчова промисловість. — 2015. — № 18. — С. 64—100.

30. Punja Z. K. Genetic engineering of plants to enhance resistance to fungal pathogens — a review of progress and future prospects. Canadian Journal of Plant Pathology. — 2001. — Т. 23. № 3. — С. 216—235.

31. Dong O. X., Ronald P. C. Genetic engineering for disease resistance in plants: recent progress and future perspectives. Plant Physiol. — 2019. — Т. 180. — С. 26—38.

32. Картахенський протокол про біобезпеку до Конвенції К. про біологічне різноманіття. Офіційний вісник України. — 2002. — № 41. — С. 5.

33. Huffman W., McCluskey J. Food labels, information, and trade in GMOs. Journal of Agricultural & Food Industrial Organization. — 2017. — Т. 15. № 1. — С. 15.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ: ГЕНЕЗИС, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ

Л. Капрельянц, Л. Пожиткова, О. Жук

Одесская национальная академия пищевых технологий

Е. Билык

Национальный университет пищевых технологий

В статье проанализированы направления создания оздоровительных и функциональных пищевых продуктов нового поколения, органических пищевых продуктов, БАД. В общих чертах обозначены современные тренды и направления исследований в этой области. Охарактеризовано состояние текущей ситуации по использованию физиологически-функциональных ингредиентов в производстве функциональных продуктов питания. Целью проведенного аналитического анализа было определение значимости функциональных пищевых продуктов как для производителей (с точки зрения экономической привлекательности), так и для потребителей (как возможности получения продуктов здорового питания).

Ключевые слова: *продукты функциональные, новые концепции в нутрициологии, БАД, новые технологии и продукты, ГМ продукты.*

УДК 664.034

MANUFACTURE OF GROATS AND FLAKED PRODUCTS BY PROCESSING OF NAKED OATS GRAIN AND HULL-LESS BARLEY

S. Sots, I. Kustov, Y. Kuzmenko

Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

naked oats,
hull-less barley,
technological properties,
increase of nutritional
value,
simplification of
technological process

Article history:

Received 15.04.2020
Received in revised form
10.05.2020
Accepted 25.05.2020

Corresponding author:

kuzmenko.y89@gmail.com

ABSTRACT

In the modern structure of nutrition human cereal products take about 20...30% of the total consumption of grain products.

The structure of processing hull-less barley and naked oats in combined products was developed. Due to differences in the characteristics especially the form of grain primary processing of hull-less barley and naked oats are carried out without fractionation on two parallel lines. As a result of pearling of hull-less barley and naked oats grain formed a mixture consisting of whole pearled groats, particles of crushed kernels and husking bran. For its separation and removal of whole pearled groats the mixture at the first stage is sent to plansifter where conduct removal of particles of crushed kernels and husking bran. On the next stage at producing of mixed groats conduct mixing of pearled groats of hull-less barley and naked oats in given mass fraction and send mixture to water heat treatment stage. For the production of a mixture of flakes whole pearled groats after pearling sent to water heat treatment. This stage in the production of flakes carried out by a combined structure of cold and hot conditioning the main purpose is to provide plastic properties of groats. Flaking conducted at flaking machine on ribbed rolls which provides the formation of microcracks on the surface of flaked groats and allow accelerate cooking time of the resulting product. To removed particles of crushed kernels and husking bran which are formed in small quantities at flaking mixture of flaked groats sieved. Flaked groats dried at belt dryer at temperature of drying agent 40—60°C to moisture content of 13—14%. At this use as raw materials of hull-less barley and naked oats at the recommended modes can increase yield of pearled and flaked groats at 1.5—1.7 times in compared to processing of conventional varieties. Resulting products through the use of soft modes of pearling and water heat treatment characterized by high nutritional value — have a greater proportion of protein and β -glucans.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-4

ВИРОБНИЦТВО КРУП І ПЛЮЩЕНИХ ПРОДУКТІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ЗЕРНА ГОЛОЗЕРНОГО ВІВСА ТА ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЮ

С. М. Соц, канд. техн. наук

І. О. Кустов, канд. техн. наук

Ю. Я. Кузьменко, канд. техн. наук

Одеська національна академія харчових технологій

У статті розглянуто основні переваги голозерного зерна вівса та ячменю над традиційними формами, що обумовлює перегляд та наукове обґрунтування структури, режимів, технологічного процесу з розширенням асортименту та можливістю виробництва продуктів з підвищеною харчовою цінністю.

Розроблено структурну схему переробки голозерного вівса та голозерного ячменю в комбіновані крупи та плющені продукти, яка включає очищення зерна від домішок, водно-теплову обробку зерна, шліфування, сортування продуктів шліфування, водно-теплову обробку крупи, змішування, плющення, підсушування та контроль готової продукції.

Встановлено, що застосування голозерного вівса та голозерного ячменю при рекомендованих режимах дає змогу збільшити вихід шліфованого та плющеного ядра в 1,5—1,7 раза порівняно з переробкою плівчастих культур.

Ключові слова: голозерний овес, голозерний ячмінь, технологія виробництва, підвищення харчової цінності, спрощення технологічного процесу.

Постановка проблеми. Круп'яна галузь харчової промисловості належить до соціально значущих галузей агропромислового комплексу. Стан і розвиток круп'яної промисловості держави є одним із визначальних факторів добробуту, працездатності та здоров'я її населення.

Аналіз сучасного стану вітчизняного виробництва круп і круп'яних продуктів вказує на відставання вітчизняних технологій від сучасних зарубіжних аналогів.

Існуючі технології не дають змогу отримувати при переробці вівса високий вихід готової продукції, що не перевищує 55—65% навіть при застосуванні найбільш сучасних плівкових сортів вівса із покращеними властивостями. Також виникає необхідність складування, зберігання та утилізації значної кількості лузги, кількість якої, залежно від сортових особливостей зерна, що переробляється, може сягати 20—40% [1; 2]. Технологічні процеси переробки плівчастого вівса є одними з найбільш складних у круп'яному виробництві, адже включають водно-теплову обробку методом гарячого кондиціонування, лушення на декількох системах, сортування продуктів лушення, складне круповідділення, шліфування тощо. Все це призводить до значної енерговитратності технології та необхідності значних виробничих площ для її реалізації. На різних етапах переробки, особливо при пропарюванні зерна, відбувається зменшення харчової цінності зерна та, відповідно, продуктів його переробки (зменшення масової частки білка, крохмалю, вітамінів тощо). При лущенні та шліфуванні зерна утворюється значна кількість побічних продуктів у вигляді борошення та частинок подрібненого ядра (15—35%), які формуються за рахунок зовнішніх і внутрішніх частин вівсяного ядра та зменшують масову частку білка, β -глюканів, вітамінів, мінералів тощо, що у сукупності з невисокими значеннями виходу готової

продукції дає змогу говорити про невисоку ефективність існуючих технологій для виробництва сучасно орієнтованих продуктів харчування.

На основі аналізу існуючих технологій переробки ячменю можна зробити висновки, що виробництво ячмінних продуктів потребує використання багатьох технологічних процесів, проте вихід круп перлових не перевищує 45%, круп'ячних — 65% [1—3].

У багатьох країнах світу спостерігається тенденція розширення асортименту круп'яних продуктів. Розширення асортименту та висока ефективність переробки досягається за рахунок використання нових круп'яних культур. Поява більш ефективного сучасного обладнання призводить до того, що круп'яні підприємства все більше орієнтуються на зернові та бобові культури, які ще 10—15 років тому не вважалися перспективними для виробництва круп і використовувалися більшою мірою на кормові цілі.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Розробка технологій нових продуктів, в основу яких покладено раціональне використання природного потенціалу зерна, зокрема збільшення харчової цінності кінцевого продукту для організму людини, є сучасним світовим напрямком розвитку зернопереробної промисловості. До таких продуктів можна віднести продукти, вироблені на зерновій основі, які здатні не тільки збагачувати організм людини білками, жирами, вуглеводами, їхніми складовими та іншими мікро- та мікроелементами, але й виконують важливі для організму функції, тобто здатні сприяти роботі основних його систем, виводити шкідливі речовини тощо. Л. І. Бутенко та Л. В. Лігай [4] відзначають, що, як правило, основою для виробництва продуктів з функціональними властивостями є пластівці, вироблені із зернових культур, які володіють достатньо високою харчовою цінністю. Сучасним напрямком створення продуктів функціонального призначення є розробка рецептур продуктів, до складу яких входить декілька зернових культур — сумішей злакових пластівців, круп, борошна тощо. Н. Карвовські та Р. Фераро [5] запропонували спосіб виробництва зернових пластівців з трьох зернових культур, який передбачає можливість використання як компонентів пшениці, жита, вівса, ячменю, рису, кукурудзи та гречки. Спосіб передбачає різання, змішування, зволоження, пропарювання, темперування, плющення та сушіння.

К. Сеппо та інші [6] розробили технологію для виробництва продукту збагаченого β -глюканами, яка передбачає використання голозерного вівса (або лущеного ядра вівса). Продукт являє собою тонко здрібнену фракцію вівсяного борошна і може використовуватися в зернових сніданках, готових до споживання продуктах тощо. Технологічний процес виробництва передбачає подрібнення вівсяного зерна на двох системах, після кожного здрібнювання передбачена своя сортувальна система. Перша сортувальна система забезпечує розділення продуктів здрібнювання на дві фракції: грубу (вміщує оболонкові частини) та попередньо збагачену більш тонку фракцію (вміщує частини ендосперму разом із субалейроновим шаром), яку направляють на повторне здрібнювання. Друга сортувальна система забезпечує розділення продуктів здрібнювання на дві фракції, за винятком того, що отримана на цьому етапі груба фракція являє собою готовий продукт.

Відомий спосіб виробництва багатокомпонентних зернових пластівців [7; 8], що передбачає використання круп рисової, гречаної та зародків пшениці. Технологічний процес включає очищення та підготовку компонентів, пропарювання суміші при тиску пари 0,05—0,10 МПа, плющення та підсушування пластівців до вологості

12—14%. Кінцевий продукт вміщує 50—60% зародків пшениці, 20—30% рисової крупи та до 20% гречаної крупи. Як зазначають автори, такий продукт володіє підвищеною харчовою цінністю, має високий вміст білка, вітамінів і харчових волокон.

В Україні сьогодні також підвищується попит на виробництво комбінованих зернових продуктів із використанням сумішей декількох видів пластівців, борошна та круп, які володіють високою харчовою цінністю. Аналіз проведених в нашій країні досліджень показує, що основою для їх виробництва є крупи (вівсяні неподрібнені крупи, перлові, рисові шліфовані, гречані крупи тощо) або плющені продукти, вироблені з традиційної сировини при застосуванні існуючих технологій. Незважаючи на те, що, як правило, вихідна сировина володіє високою харчовою та поживною цінністю, в процесі її переробки в круп'яні продукти втрачається значна кількість білка, вітамінів, мікро- та мікроелементів, жирів. Це призводить до того, що використання традиційних круп або пластівців для створення на їх основі продуктів із підвищеною харчовою цінністю не дає змоги отримати кінцеві продукти з підвищеною харчовою цінністю, адже вони в процесі виробництва втрачають основний свій харчовий потенціал.

Метою дослідження є розробка технології виробництва комбінованих круп і плющених продуктів із голозерних видів зерна вівса та ячменю, що дасть змогу отримати продукти з підвищеною харчовою цінністю.

Матеріали і методи. Об'єкти дослідження – технологічні процеси переробки зерна в крупи та круп'яні продукти. Предмет досліджень: зерно голозерного вівса та голозерного ячменю, фізико-хімічні властивості сировини та готової продукції, структура та режими технологічного процесу виробництва круп і круп'яних продуктів.

Результати дослідження. У ході проведення досліджень визначено високий потенціал досліджуваного зерна голозерного вівса та голозерного ячменю для виробництва круп'яних продуктів. Встановлено, що голозерне зерно за своїми властивостями переважає плівчасте, при застосуванні більш м'яких режимів воднотеплової обробки та шліфування продукти, отримані з такого зерна, характеризуються підвищеною харчовою цінністю, що дає змогу говорити про доцільність застосування голозерного зерна як сировини для виробництва комбінованих зернових продуктів з підвищеною харчовою цінністю. Також розроблено структуру переробки голозерного вівса та голозерного ячменю в комбіновані продукти (рис. 1), яка включає в себе очищення зерна від домішок, водно-теплову обробку зерна, шліфування, сортування продуктів шліфування, водно-теплову обробку крупи, змішування, плющення підсушування, контроль готової продукції.

Враховуючи відмінності в характеристиках, особливо у формі зерна, переробку голозерного вівса та голозерного ячменю здійснюють без фракціонування на двох паралельних лініях. Зерно очищують від домішок і при необхідності (вологість зерна менше 12%) направляють на етап водно-теплової обробки, де його зволожують підігрітою до 60°C водою до вологості не більше 14% та направляють на шліфування.

Етап шліфування для обох культур здійснюють за принципом інтенсивного стирання оболонок із застосуванням лушцильно-шліфувальних машин типу ЗШН. Встановлено, що шліфування зерна голозерного вівса та голозерного ячменю одним потоком при більш м'яких режимах дає змогу отримувати шліфоване ядро з підвищеною харчовою цінністю — високим вмістом білка та β -глюканів, при цьому значення мікробіологічних показників та зольності суттєво не зростають порівняно

з традиційною технологією. Тому для виробництва комбінованих продуктів підвищеної харчової цінності шліфування передбачається проводити з використанням однієї шліфувальної системи. При цьому пом'якшення режиму досягається шляхом зменшення колової швидкості шліфувальних дисків.

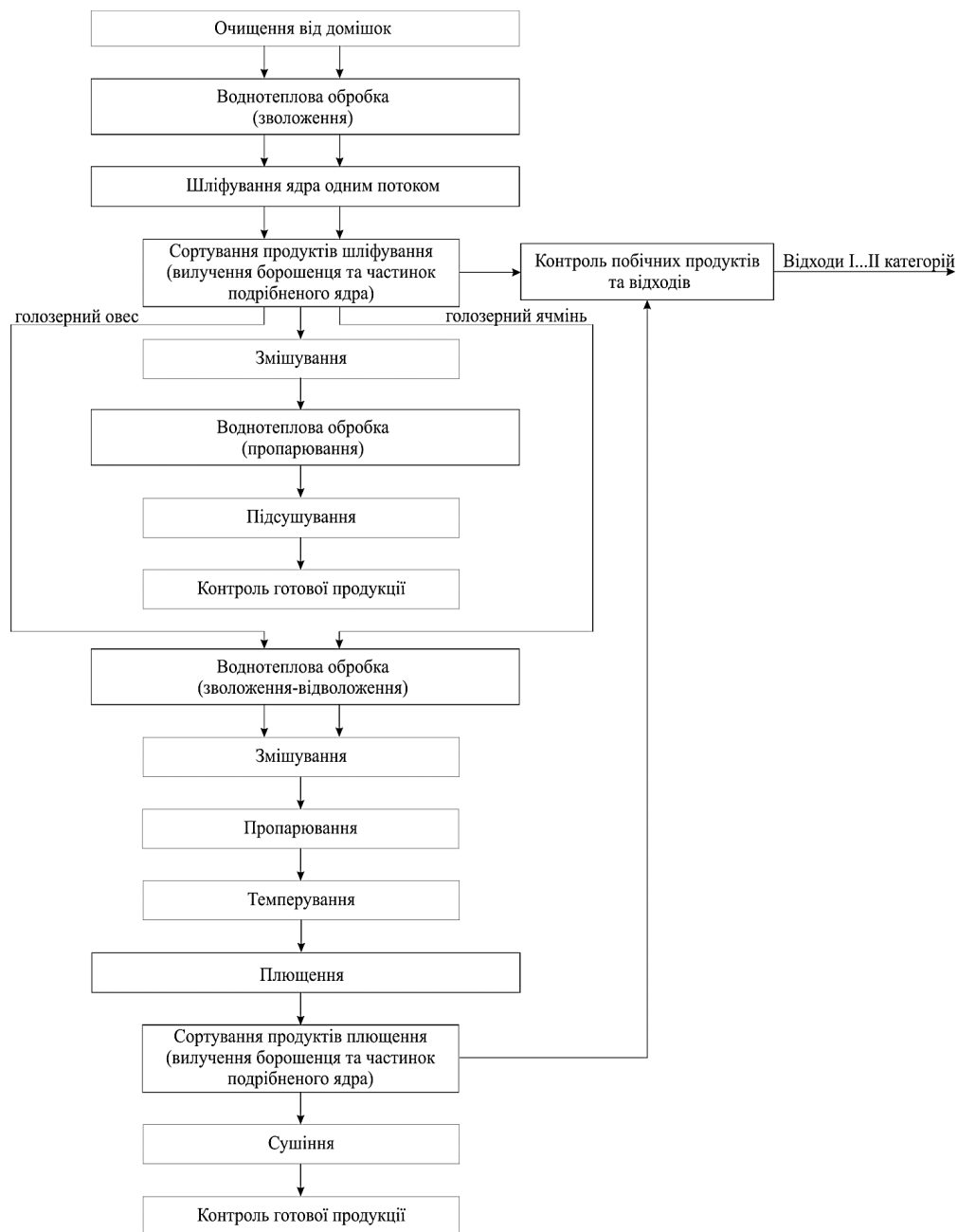


Рис. 1. Структурна схема виробництва комбінованих круп і плющених продуктів із голозерного вівса та голозерного ячменю

Подальше зменшення колової швидкості шліфувальних дисків призведе до недостатнього зняття поверхневих шарів зерна при обробці на одній шліфувальній системі, що, відповідно, викличе необхідність збільшення кількості шліфувальних систем до двох-трьох, що, у свою чергу, збільшить протяжність та енергоємність процесу. Збільшення колової швидкості шліфувальних дисків сприятиме більш інтенсивному зняттю поверхневих шарів зерна, що призведе до збільшення кількості побічних продуктів у вигляді частинок подрібненого ядра та борошенця та, відповідно, зменшення харчової цінності цілого ядра. Збільшення виходу побічних продуктів призведе до необхідності розширення етапу сортування продуктів шліфування за рахунок установаження додаткових сито-повітряних сепараторів та аспіраційних колонок.

У результаті шліфування зерна голозерного вівса та голозерного ячменю утворюється суміш, яка складається з цілого ядра, частинок подрібненого ядра та борошенця. Для її розділення і вилучення цілого ядра суміш на першому етапі направляють у круп'яні розсійники, де проводять вилучення борошенця та частинок подрібненого ядра. При сортуванні продуктів шліфування у розсійниках встановлюють пробивні сита 1,8—1,6·20 мм, сходом яких вилучають ціле шліфоване ядро, прохід являє собою суміш частинок подрібненого ядра та борошенця. Розділення проводять на металотканих ситах 080—060 мм, проходом яких отримують борошенце, сходом – частинки подрібненого ядра. Шліфоване ядро додатково контролюють на залишки борошенця шляхом пропуску крізь одну систему повітряних сепараторів.

На наступному етапі при виробництві суміші круп проводять змішування шліфованого ядра голозерного вівса та голозерного ячменю у заданих масових частках і направляють суміш на водно-теплову обробку. Основною метою цього етапу є зниження мікробіологічного обсіменіння на поверхні ядра та надання продукту характерних для споживачів властивостей. При цьому, як показали результати досліджень для забезпечення виробництва продукту із підвищеною харчовою цінністю, необхідно також пом'якшувати режими водно-теплової обробки. Враховуючи це, суміш шліфованого ядра направляють у пропарювач періодичної дії, де її пропарюють при тиску насиченої пари 0,05—0,15 МПа протягом 2—4 хв. Такий режим забезпечує мінімальні зміни у хімічному комплексі зерна, не відбувається потемніння крупи, яке характерне для більш жорстких режимів ВТО, при цьому за органолептичними характеристиками (запахом та смаком) отриманий продукт повністю відповідає традиційним крупам. Після пропарювання ядро надходить на підсушування. Крупу підсушують до вологості 12—14% та направляють на контроль, який здійснюють на одній системі повітряних сепараторах, де проводять вилучення залишків борошенця. Перед фасуванням крупу обов'язково контролюють на залишки металоманітних домішок шляхом її пропуску крізь магнітні сепаратори.

При виробництві суміші пластівців ціле ядро після шліфування надходить на водно-теплову обробку. Цей етап передбачає комбіновану структуру холодного і гарячого кондиціонування, основним призначенням якого є забезпечення пластичних властивостей ядра. Перед пропарюванням ядро голозерного вівса зволожують до вологості 15—17% та направляють на відволоження, яке триває 2,0—3,0 год. Зерно голозерного ячменю зволожують до вологості 20—22% та відволожують протягом 2—4 год. Після цього у заданих масових частках проводять формування суміші, яку направляють на пропарювання. Суміш перед плющенням пропарюють при тиску насиченої пари 0,10—0,15 МПа протягом 4—5 хв та темперують протягом 7 хв.

Плющення проводять на плющильних верстатах на рифлених валках. Плющення на рифлених валках забезпечує утворення мікротріщин на поверхні пластівців, що дасть змогу пришвидшити термін варіння отриманого продукту. Міжвальцьовий зазор при плющенні встановлюють 0,2—0,4 мм, що дасть змогу отримувати плющені продукти із підготовленого при більш м'яких режимах ВТО з органолептичними та фізичними характеристиками, які характерні для традиційних вівсяних та ячмінних пластівців.

Масова частка білка в ядрі голозерного вівса після пропарювання при застосуванні м'яких режимів (0,05—0,10 МПа) зменшується з 14,0—14,5% до 13,0—13,8%, збільшення тиску пари до 0,15 МПа призводить до зменшення вмісту білка з 13,1—13,5%. Масова частка білка в шліфованому ядрі голозерного ячменю при досліджуваних режимах пропарювання складає 14,1—14,8%. При виробництві плющеного ядра масова частка білка — 12—14% та β глюканів — 4,0—5,5%. Для шліфованого ядра голозерного ячменю масова частка цього компонента після пропарювання складає 5,4—5,8%, в ядрі голозерного вівса 5,1—5,3%.

Після плющення суміш пластівців просіюють для вилучення частинок подрібненого ядра та борошенця, яке утворюється в незначній кількості при плющенні. Просіювання проводять у круп'яному розсіюнику, при цьому сходом сит 1,4-20 мм отримують основний продукт, який направляють на подальшу переробку, проходом цього сита і сходом металотканого сита 063 мм проводять вилучення частинок подрібненого ядра, проходом сита 063 вилучають борошенце. Отриману суміш пластівців підсушують на стрічкових сушарках до вологості 13—14% та направляють на магнітний контроль і фасування.

Висновки. Особливістю розробленої схеми є значне порівняно з існуючими технологіями виробництва аналогічних продуктів з ячменю та вівса скорочення технологічного процесу — відсутні енергоємні етапи лушення, сортування продуктів лушення, круповідділення, шліфування із застосуванням декількох систем, що дає змогу проводити повний цикл виробництва на заводах малої продуктивності. При цьому застосування як сировини голозерного вівса та голозерного ячменю при рекомендованих режимах збільшує вихід шліфованого та плющеного ядра в 1,5—1,7 раза порівняно з переробкою плівчастих культур. Отримані окремі продукти завдяки використанню м'яких режимів шліфування і воднотеплової обробки характеризуються високою харчовою цінністю — мають більшу частку білка та β -глюканів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. — К., 1998. — 164 с.
2. Шутенко Є. І. Технологія круп'яного виробництва: навч. Посібник [Текст] / Є. І. Шутенко, С. М. Соц. — К.: Освіта України, 2010. — 272 с.
3. Pomeranz Y. Functional properties of food components [Text] / Y. Pomeranz — San Diego, CA: Academic Press, 1991. — 560 p.
4. Бутенко Л. И., Лигай Л. В. Исследования химического состава пророщенных семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 4—5.
5. Karwowski Jan, and Robert F. Ferraro. "Process for the preparation of multiple grain flaked cereal." U.S. Patent No. 4,603,055. 29 Jul. 1986.
6. Seppo K. A. Method for preparing an oat product and a foodstuff enriched in the content of β -glucan [Text] / K. Seppo, et al. // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.google.tl/patents/WO2001026479A1?cl=en>

7. Способ производства многокомпонентных зерновых хлопьев Амирханов К. Ж., Асенова Б. К., Жаксыгулова Д. Д. № 30199, МПК А23L 1/00.

8. Способ производства сухой питательной смеси № 2156084, МПК А23L1/29, А23L1/10, Аюшеева О. Г.; Найдакова Ц. А.; Николаев С. М.; и др.

ПРОИЗВОДСТВО КРУП И ПЛЮЩЕНЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНА ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА И ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ

С. М. Соц, И. О. Кустов, Ю. Я. Кузьменко

Одесская национальная академия пищевой технологии

В статье рассмотрены основные преимущества голозерного зерна овса и ячменя в сравнении с традиционными формами, что обуславливает пересмотр и научное обоснование структуры, режимов технологического процесса с расширением ассортимента и возможностью производства продуктов с повышенной пищевой ценностью.

Разработана структурная схема переработки голозерного овса и голозерного ячменя в комбинированные крупы и плющенные продукты, которая включает в себя очистку зерна от примесей, водно-тепловую обработку зерна, шлифовку, сортировку продуктов шлифования, водно-тепловую обработку крупы, смешивание, плющение, подсушивание и контроль готовой продукции.

Установлено, что применение голозерного овса и голозерного ячменя при рекомендуемых режимах позволяет увеличить выход шлифованного и плющеного ядра в 1,5—1,7 раза по сравнению с переработкой пленчатых культур.

Ключевые слова: *голозерный овес, голозерный ячмень, технология производства, повышение пищевой ценности, упрощение технологического процесса.*

УДК: 678.078

DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE CHEESE RECIPES FOR USE IN MEAT INDUSTRY

V. Rudiuk, V. Pasichnyi, T. Toliupa
National University of Food Technologies

Key words:

milk protein,
semi-smoked sausages,
flavorings,
cheese products

Article history:

Received 05.05.2020
Received in revised form
21.06.2020
Accepted 29.06.2020

Corresponding author:

pasww1@ukr.net

ABSTRACT

The dairy and meat industries are closely intertwined and adapted to each other. Powdered milk, whey, protein concentrates have long been part of the classic recipes for sausages, frankfurters and other meat products.

The dairy industry, in turn, uses meat flavors in processed cheeses and cheese pastes. This symbiosis allows you to develop new and improve classic recipes, which, in turn, allows you to significantly diversify and increase the range.

The article presents the results of a study conducted to determine the optimal performance of cheeses for further use in the meat industry. The influence of temperature on cheeses and cheese products of different composition is analyzed. The optimal indicators of milk-containing products suitable for use in the recipes of semi-smoked sausages are determined. Alternative recipes of cheese products based on protein concentrates are developed. Model samples of products with different protein-fat ratio, with the addition of dyes and flavor mixtures.

The use of dry preparations will allow to produce a wide range of products in regions with a shortage of traditional raw materials. The production of cheese products on the basis of protein concentrates makes it possible, at the initial level, to control the content of milk protein in the finished product.

Expanding the range of semi-smoked sausages is of fundamental importance, as the product is in demand from consumers. The use of dairy products in the manufacture of sausages is quite common. But the introduction of sausages, cheese products based on protein concentrates as fillers, will expand the range, improve the taste and aroma properties, increase the amount of digestible protein in the finished product.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-5

© В. П. Рудюк, В. М. Пасічний, Т. І. Толіупа, 2020

РОЗРОБЛЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ РЕЦЕПТУР СИРНИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У М'ЯСНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

В. П. Рудюк, аспірант

В. М. Пасічний, д-р техн. наук

Т. І. Толюпа

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати дослідження, проведеного з метою визначення оптимальних показників сирів для подальшого використання у м'ясній промисловості. Визначено оптимальні показники молоковомісних продуктів, придатних для використання у рецептурах напівкопчених ковбас. Розроблено альтернативні рецептури сирних продуктів на основі білкових концентратів. Виготовлено модельні зразки продуктів з різним співвідношенням білок-жир з додаванням барвників і смако-ароматичних сумішей. Використання сухих препаратів дасть змогу виготовляти широкий асортимент продуктів у регіонах із дефіцитом традиційної сировини. Виготовлення сирних продуктів на основі білкових концентратів надає можливість, на початковому рівні, контролювати вміст молочного білка в готовому продукті. Розширення асортименту напівкопчених ковбас має принципове значення, оскільки продукт користується попитом у споживача.

Ключові слова: молочний білок, напівкопчені ковбаси, смакові наповнювачі, сирні продукти.

Постановка проблеми. Проаналізувавши розробки та дослідження щодо використання молочних продуктів у виготовленні ковбас, можна зробити висновок, що сухі молочні концентрати увійшли до класичних рецептур багатьох ковбасних виробів. Вони використовуються, як функціональні препарати або виступають поліпшувачами смаку й аромату [1; 2]. Білоквісні препарати як тваринного, так і рослинного походження досить часто використовують у широкому асортименті м'ясної продукції [3;4]. Ринок ковбасних виробів в Україні дуже різноманітний. Не останню роль у формуванні ринку відіграє купівельна спроможність населення. Асортимент продукції постійно збільшується, видозмінюється й адаптується під споживача. Виробники виготовляють конкурентоспроможну продукцію у різних цінових сегментах. У структурі виробництва ковбасних виробів переважають варені ковбаси (сардельки, сосиски) — практично 70% усього ринку. Що стосується напівкопченої ковбаси, вона займає друге місце за обсягом виробництва — понад 17%. Це створює підґрунтя для пошуку шляхів підвищення якості і стабільності технологічних показників ковбасних виробів цієї групи. [5]. Технологія виготовлення напівкопчених ковбас передбачає декілька етапів теплової обробки, при якій відбувається часткова коагуляція білків і направлена зміна текстури виробів [6; 7]. Тому на етапі розроблення рецептур ковбас з використанням сирів враховують характеристики нем'ясних наповнювачів, що дає змогу постійно ефективно розширювати асортимент ковбасних виробів [8, 9]. Оскільки для більшості напівкопчених ковбас характерним є забезпечення чіткого малюнка на розрізі, зокрема у вигляді шматочків сирного наповнювача розміром 4,5—6,0 мм, основним завданням є підбір існуючого або створення нового сирного наповнювача, який не втрачає форму під час теплової обробки, передбаченої технологією виготовлення. Перший етап теплової обробки являє собою обсмажування (коптіння)

при температурі від 80 до 90°C та відносній вологості повітря від 10 до 20% протягом 60...80 хв [10]. Під час обсмажування температура в середині батонів підвищується до 45...50°C [11]. На цій стадії підплавлення сирного наповнювача зведене до мінімуму, оскільки температура всередині батона не перевищує 50°C. Наступний етап варіння передбачає теплову обробку у пароварочних камерах при температурі пароповітряної суміші 75...85°C. Тривалість варіння залежить від діаметра батона і становить 40...80 хв до досягнення температури в середині батонів $71 \pm 1^\circ\text{C}$. Тобто із передбачених теплових технологічних процесів, зважаючи на температурні режими виробництва, стає зрозуміло, що в модельних рецептурах варто оптимально використовувати сирні наповнювачі із температурою плавлення не менше 75—85°C. Для підбору оптимального наповнювача потрібно провести аналіз термостійкості сирів. Визначити початкову температуру підплавлення сиру [12].

Мета дослідження: визначення оптимальних показників сирів і сирних продуктів для доцільного використання у напівкопчених ковбасах. Перший етап дослідження базується на попередньому аналізі сирів, представлених на ринку, та вивченні можливості їх використання у рецептурах. Наступний етап має на меті створення рецептур альтернативних білково-жирових (сирних) продуктів для подальшого використання у напівкопчених ковбасах.

Матеріали і методи. На першому етапі об'єктом дослідження були сири та сирні продукти різних видів і складу. Методика досліджень полягала в отриманні даних щодо основних технологічних показників продуктів, зокрема визначенні впливу залежності складу та способу виготовлення на термостабільність дослідних зразків. Другий етап дослідження базується на створенні нових термостабільних сирних продуктів на основі сухих білкових концентратів. Дослідження сирів і сировини проводились з використанням традиційних хімічних, органолептичних, фізико-хімічних, технологічних методів аналізу. Під час дослідів використовувались стандартні та загальновідомі методи дослідження, що забезпечують виконання поставлених завдань [13].

Результати досліджень. Було підібрано зразки сирів і сирних продуктів з різних асортиментних груп. Сичужні сири «Гауда» з масовою часткою жирів (МЧЖ) 50% та молоковмісний продукт типу «Гауда» з МЧЖ 50%, розсільні «Сулугуні» МЧЖ 45% та відповідний йому сирний продукт і сир «Фітнес» з МЧЖ 22%. Паралельне дослідження сирів класичних рецептур і молоковмісних комбінованих продуктів дає змогу зрозуміти залежність термостійкості від складу та способу виготовлення. Проведено вхідні дослідження основних фізико-хімічних показників, які представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники досліджуваних зразків

Назва	Вміст жиру, %	Вміст вологи, %	Активна кислотність	pH
Сир «Гауда»	50	46	155	4,7
С/П типу «Гауда»	50	45	154	4,6
Сир «Сулугуні»	45	48	145	4,9
С/П типу «Сулугуні»	45	48	145	5,0
Сир «Фітнес»	22	44	150	4,8

Примітка: С/П — сирний продукт із використанням замітника молочного жиру (ЗМЖ).

Для визначення температури, що є переломною точкою для плавлення сиру, було застосована така методика: зразки сирів кубічної форми (30 · 30мм) поміщали у теплову шафу на 5 хв. Початкова температура в шафі 60°C, температура зразків на вході 20°C. Амплітуда наростання температури в камері складала +5°C.

Після кожного циклу проводився візуальний аналіз досліджуваних зразків на наявність підплавлення, зміни форми, вивільнення жиру, вологи тощо.

Результати проведених досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Результати теплової обробки зразків

Назва	Температура, °C					
	60	65	70	75	80	85
Сир «Гауда»	Без змін	Без змін	Без змін	Часткове пом'якшення	Повне розплавлення	
С/П типу «Гауда»	Без змін	Часткове пом'якшення	Повне розплавлення			
Сир «Сулугуні»	Без змін	Без змін	Часткове пом'якшення	Повне розплавлення		
С/П типу «Сулугуні»	Без змін	Часткове пом'якшення	Повне розплавлення			
Сир «Фітнес»	Без змін	Без змін	Без змін	Часткове пом'якшення	Часткове пом'якшення	Повне розплавлення

Виявлено, що продукти комбінованого складу починають плавитись при 70±2°C. При 75°C плавиться сир «Сулугуні» м.ч.ж. 45%, сир «Гауда» класичної рецептури — при 80±2°C, сир «Фітнес» — при 85°C. Після застигання проведено органолептичну оцінку. Виявлено, що сирні продукти після підплавлення вивільнили частину жиру та вологи. Структура наблизилась до пористої. Можливо, це спровоковано використанням виробниками неякісних ЗМЖ і стабілізуючих систем. Сири класичної рецептури краще зберегли свої властивості після температурної обробки. Сир «Фітнес» майже не змінив свою форму й органолептичні властивості. Відповідно, у зразках із більшим вмістом жиру відбулось часткове вивільнення жирової фракції. Після застигання зразки мали м'яку консистенцію, порівняно з початковою, до нагрівання.

На другому етапі досліджень для розроблення сирного високобілкового продукту комбінованого складу із стабільним білково-жировим комплексом використовували високофункціональні стабілізуючі системи. Було розроблено три модельні зразки на основі міцелярного казеїну з використанням ЗМЖ. Продукт виготовлявся шляхом відновлення білково-жирової фракції з додаванням стабілізатора та подальшим нагріванням.

Рецептури розроблялись з урахуванням потенційної термостійкості сирної маси, враховуючи вплив відношення кількості жиру та білка на консистенцію й температуру плавлення, а також можливість використання для покращення органолептичних показників натуральних барвників та ароматизаторів. Рецептури

зразків 1 та 2 мають різне співвідношення жир-білок, зразок 3 виготовлено з використання додаткових компонентів (барвник, ароматизатор).

Рецептури модельних зразків наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Рецептури модельних зразків

Сировинні компоненти	Частка в рецептурі, %		
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Вода	47	47	45,5
ЗМЖ	15	10	10
Міцелярний казеїн	25	30	30
Стабілізатор «Фудгард ХайМелт»	10	10	10
Емульгатор «Фудгард ЕМ Форт»	1,5	1,5	1,5
Сіль кухонна	1,3	1,3	1,3
Лимонна кислота	0,2	0,2	0,2
Ароматизатор «Чедер»	—	—	0,1
Екстракт Анато	—	—	0,05

Процес виготовлення модельних зразків здійснюється у такий спосіб: у ємність з мішалкою та паровою сорочкою вноситься розтоплений при 60°C замінник молочного жиру. При постійному перемішуванні вносяться сухі компоненти (крім лимонної кислоти), через 4—5 хв додається вода. При постійній роботі мішалки температура в контурі підвищується до досягнення 75°C у продукті. Проводиться витримка протягом 5 хв. Перед формуванням рН суміші має становити 5,7—5,9. При більшому значенні рН балансується розчином лимонної кислоти.

Розплавлена суміш розливається у форми. Після повного застигання продукт готовий для використання. Процес плавлення суміші та отримані зразки сирних продуктів наведено на рис. 1 і 2.



Рис. 1. Візуалізація процесу плавлення білково-жирової суміші



Рис 2. Візуалізація готових зразків сирних продуктів

Для отриманих сирних продуктів було проведено оцінку органолептичних показників і визначено їхню термостійкість. Органолептична оцінка наведена у табл. 4.

Таблиця 4. Органолептична оцінка зразків сирних продуктів

Назва показника	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Консистенція і зовнішній вигляд	Пружна, щільна, однорідна	Пружна, однорідна, з частковою пористістю	Пружна, однорідна, з частковою пористістю
Смак і запах	Злегка солоний, аромат притаманний казеїну	Злегка солоний, аромат притаманний казеїну	Запах притаманний внесеному ароматизатору
Колір	Білий	Білий	Кремowo-молочний, жовтуватий

Показники органолептичної оцінки підтвердили необхідність додаткового внесення ароматизатора для досягання оптимальних смако-ароматичних властивостей, оскільки без нього смак зразків був невираженим і прісним. Поверхня продуктів була глянцева, на розрізі помітні невеличкі пори, що утворилися під час формування, не виявлено сипучості та відчуття нерозчинених компонентів. Тож сирні продукти можуть використовуватись як основа для внесення смако-ароматичних композицій.

Дослідження термостійкості розроблених сирних продуктів комбінованого складу виявили високу термостійкість. Виявлено, що виготовлені продукти комбінованого складу починали плавитись при вищих температурах порівняно із сирними продуктами промислового походження.

Зокрема, зразок 1 (із більшим вмістом ЗМЖ) почав підправлятися при 80°C, повного розплавлення досягав при 85°C. При цьому не було помітно відділення жирової фракції. Зразки 2 та 3 повного розплавлення досягали при 90—93°C.

Висновки. Проведені дослідження підтверджують, що більшість сирів і сирних продуктів, представлених на ринку не адаптовані для використання у ковбасному виробництві, оскільки температурні режими, передбачені технологією виготовлення напівкопчених ковбас, перевищують гранично допустиму точку плавлення.

Доведено, що для збереження форми сирного наповнювача потрібно використовувати сири із мінімальним вмістом жиру. На підставі аналізу сирів і сирних продуктів промислового виробництва розроблено комбіновані сирні продукти для напівкопчених ковбас на основі казеїну, які при використанні в складі смако-ароматичних композицій та корегуванні співвідношення жир:білок мають високі

органолептичні показники і температури плавлення. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення існуючих рецептур, визначення їх біологічної цінності, мікробіологічних показників та економічної ефективності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кайнаш А. П. Товарознавча характеристика ковбасних виробів з рослинними добавками : монографія / А. П. Кайнаш. — Полтава: ІТУЕТ, 2012. — 141 с.
2. Модифікація структури та функціонально-технологічних властивостей казеїну: наукові та прикладні аспекти / Н. Г. Гринченко, Д. О. Тютюкова, П. П. Пивоваров // Харчова наука і технологія. — 2017. — Т. 11, Вип. 1. — С. 57—68.
3. Паска М. Використання рослинної сировини у технології виробництва напівкопчених ковбас / М. Паска, І. Б. Маркович // InBook of abstracts International scientific and technical conference “State and prospects of food science and industry”. ТНТУ. — 2015.
4. Шаповал Є. М. Білковий напівфабрикат для виробництва напівкопчених ковбас / Є. М. Шаповал., О. А. Штонда // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. — 2012. — 14. — (2—3(52)).
5. Родак О. Я. (2014). Сучасні напрями розширення асортименту та поліпшення споживних властивостей напівкопчених ковбас / О. Я. Родак // Вісник Львівської комерційної академії. Серія товарознавча. 2014. — 14. — С. 159—161.
6. Rudiuk V. Sour milk product with high protein content / V. Rudiuk, V. Pasichnyi, T. Khorunzha, O. Krasulya // Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies. — 2019. — 21(91). — P. 79—83.
7. Сморочинський О. М. Удосконалення технологій виготовлення напівкопчених ковбас / О. М. Сморочинський, Ю. Тищенко // Таврійський науковий вісник. — 2013. — № 85. — С. 155—159.
8. Baccouche A., Ennouri M., Felfoul I., & Attia H. Food Hydrocolloids. 2013. — № 2(33). — P. 234—244. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.03.007.
9. Пасічний В. М. Стабілізація показників напівкопчених ковбаси з м'ясом птиці / В. М. Пасічний, О. О. Мороз, С. М. Міт'яєва // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. — 2009. — Т. 11, № 3(42). — С. 284—288.
10. Авдеева Т. В. Совершенствование технологии производства полукопченых колбасных изделий. / Т. В. Авдеева, К. А. Петренко, И. В. Ермак // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2007. — № 3(298). — С. 116—117.
11. Nagovska V. Influence of wheat bran on quality indicators of a sour milk beverage/ V. Nagovska, Y. Nachak, B. Guttyj, O. Bilyk, N. Slyvka // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. — V. 4, № 11(94). — P. 28—35. doi: 10.15587/1729-4061.2018.140093.
12. Cravens W. W., Plants and Animals as Protein Sources / W. W. Cravens // Journal of Animal Science. — 1981. — 53(3). — P. 817—826.

РАЗРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕЦЕПТУР СЫРНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. П. Рудюк, В. Н. Пасичный, Т. И. Толюпа
Национальный университет пищевых технологий

В статье описаны результаты исследования, проведенного с целью определения оптимальных показателей сыров для дальнейшего использования в мясной промышленности. Определены оптимальные показатели молочкосодержащих продуктов, пригодных к использованию в рецептурах полукопченых колбас. Разработаны альтернативные рецептуры сырных продуктов на основе белковых концентратов. Изготовлены модельные образцы продуктов с различным соотношением белок-жир с добавлением красителей и вкусо-ароматических смесей. Использование сухих препаратов позволит изготавливать широкий ассортимент продуктов в регионах с дефицитом традиционного сыра.

Изготовление сырных продуктов на основе белковых концентратов дает возможность на начальном уровне контролировать содержание молочного белка в готовом продукте. Расширение ассортимента полукопченых колбас имеет принципиальное значение, поскольку продукт пользуется спросом у потребителя.

Ключевые слова: *молочный белок, полукопченые колбасы, вкусовые наполнители, сырные продукты.*

УДК 664:678.049.4

CURRENT SITUATION AND PROSPECTS OF ORGANIC PRODUCTS MARKET DEVELOPMENT IN UKRAINE AND THE WORLD

I. Vlasenko, T. Semko*Vinnitsa Trade and Economic Institute of Kyiv National University of Trade and Economics N. Volodchenkova***G. Polishchuk, M. Borova***National University of Food Technologies*

Key words:

healthy food,
agrarian sector,
food industry,
organic production,
organic produce

Article history:

Received 13.03.2020

Received in revised form
17.04.2020

Accepted 12.05.2020

Corresponding author:

milknuft@i.ua

ABSTRACT

The purpose of the research is to analyze the current state and identify the main directions of further development of organic production in Ukraine and the world.

The object of study is organic production. The article presents the history of the domestic branch of organic production, its formation and peculiarities of adaptation to the requirements of the world market are given. The main tasks of the industry as a complete system of management and production of food raw materials and food are outlined. The urgency of organic production in many countries of the world and Ukraine has been proved, which has all the prerequisites to become one of the leaders in organic production. The achievements of organic production in Ukraine in recent years are presented and its great potential in this sphere of economic activity is proved. Requirements on quality and peculiarities of organic production, the main criteria for its choice by consumers and place in the healthy lifestyle system are highlighted.

The main problems that impede the further development and comprehensive progress of organic production are specified. The most significant factors that significantly impede the development of the organic market in Ukraine have been identified. Specific measures are outlined to address practical challenges in the organic production sector, which are recommended for widespread adoption. In particular, the need to strengthen state support at the legislative level, the use of international organic production experience, and the promotion of healthy lifestyles, including healthy, safe and organic food in highly developed countries, are highlighted.

It is proved that the implementation of the recommended measures will comprehensively develop the market of organic produce, increase its export attractiveness, have social significance and satisfy the need for healthy nutrition of domestic consumers.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-6

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РИНКУ ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

І. Г. Власенко, д-р мед. наук

Т. В. Семко, кнд. техн. наук

Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

Г. Є. Поліщук,

М. П. Борова

Національний університет харчових технологій

Метою наукового дослідження є аналіз сучасного стану та визначення напрямків розвитку виробництва органічної продукції в Україні та світі. У статті описано історію виникнення вітчизняної галузі органічної продукції, її становлення та особливості адаптації до вимог світового ринку. Окреслено основні завдання галузі як цілісної системи господарювання та виробництва продовольчої сировини і харчових продуктів. Доведено актуальність виробництва органічної продукції у багатьох країнах світу та Україні, яка має всі передумови увійти до числа лідерів з органічного виробництва. Наведено досягнення органічного виробництва в Україні за останні роки та доведено його значний потенціал у цій сфері економічної діяльності. Доведено, що реалізація рекомендованих заходів з виробництва органічної продукції розвиватиме ринок органічної продукції, підвищуватиме його експортну привабливість, матиме соціальну значимість і задовольнятиме потребу у здоровому харчуванні вітчизняних споживачів.

Ключові слова: *здорове харчування, аграрний сектор, харчова промисловість, органічне виробництво, органічна продукція.*

Постановка проблеми. Останнє десятиріччя характеризується суттєвим порушенням екологічної рівноваги в багатьох країнах світу, що є наслідком надмірної експлуатації природних і невідновлюваних ресурсів та широкого застосування засобів захисту рослин і мінеральних добрив [1]. Одним із сучасних напрямків вирішення вказаної проблеми в Україні є органічне виробництво сільськогосподарської продукції та харчових продуктів, яке підвищує інтерес імпортерів до української продукції та сприяє покращенню структури харчування населення. Питання сучасного стану виробництва органічної продукції висвітлювались у працях багатьох вітчизняних вчених. Так, за даними аналітичних досліджень І. А. Білоткач і М. П. Мартинюк конкретизовано основні аспекти формування і розвитку ринку органічної продукції в Україні та підтверджено провідну роль державного регулювання у сфері органічного виробництва [2; 3]. Є. В. Миловановим, Н. Ю. Бугою та І. Г. Яненковою досліджено сучасний стан органічного виробництва та розглянуто підходи до регіональної підтримки органічного виробництва [4; 5]. Проте в наведених дослідженнях відсутня практична складова, яка б конкретизувала дієві заходи, спрямовані на подальший розвиток вітчизняного органічного виробництва. Натомість у Данії проаналізовано причини вибору споживачами органічної продукції у цій країні як задоволення потреб суспільства в здоровому способі життя, підтверджено актуальність подальших досліджень у сфері розвитку органічного ринку та окреслено їх напрями [6]. Шведськими вченими встановлено, що нарівні з домінуючою «концепцією інтенсивного органічного землеробства» у Європі зароджується нова «концепція екології харчових систем», яка відрізняється ще вагомішим соціальним значенням [7].

Отже, ситуація на ринку органічної продукції за постійно зростаючого попиту на неї змінюється дуже динамічно. Саме тому важливо вивчати та аналізувати сучасний стан розвитку цього сектору виробництва, що надасть можливість розроблювати успішні кроки для ефективного й оперативного подолання існуючих проблем.

Метою дослідження є аналіз сучасного стану та визначення конкретних заходів щодо подальшого ефективного розвитку вітчизняного органічного виробництва.

Результати досліджень. Термін «органічне сільське господарство» був вперше застосований у 1940 р. лордом Нортборном у книзі «Погляд на землю», де він описав цілісний та екологічно збалансований підхід до організації «зеленого» землеробства [8]. У той же час нині існує багато несистематизованої інформації про особливості розвитку органічного виробництва та його вплив на структуру харчування населення різних країн світу. Узагальнено наявні дані про вплив органічної їжі на здоров'я людини та конкретизовано потенційну роль нормативних вимог країн ЄС в управлінні виробництвом і якістю органічних продуктів [9]. Доведено, що основними відмінностями складу між органічними та звичайними культурами є дещо більший вміст фенольних сполук в органічних фруктах і овочах та менший вміст кадмію в органічних зернових культурах, а органічні молочні продукти і м'ясо містять більше жирних кислот омега-3.

Б. Швендель та ін. взагалі рекомендують не робити однозначні висновки щодо відмінностей складу між молоком органічним і традиційно одержуваним через існування занадто великої кількості чинників впливу на його хімічний склад [10]. Більшу стурбованість викликає поширене застосування антибіотиків у традиційному тваринництві, на відміну від органічного виробництва. Тож доволі раціональні органічні методи виробництва можуть бути корисними для впровадження у традиційне сільське господарство.

Однак деякі американські вчені доволі критично ставляться до органічного виробництва і стверджують, що терміни «органічний», «натуральний» та «автентичний» стосовно харчових продуктів, виготовлених у малих цехах, ресторанах, крафтових майстернях, іноді маскують їхню низьку якість та безпечність за значно вищою ціною [11]. Міністр сільського господарства США Ден Глікман (2000 р.) взагалі стверджував, що поняття «органічний» — це маркетинговий інструмент, метою якого є підвищення прибутку для виробників без гарантії безпеки харчового продукту. Було встановлено, що більшість органічних фруктів та овочів не є більш поживними, ніж їхні дешевші аналоги, а перевагою термічно оброблених неорганічних продуктів є відсутність патогенних бактерій. За ведення органічного землеробства неминучими є не лише низькі врожаї, але й підвищення потреби у землі, воді та механічному обробленні ґрунтів, що може призвести до суттєвих екологічних проблем. Отже, органічне землеробство та виробництво органічних харчових продуктів не сприймається суспільством однозначно, тому його слід впроваджувати лише в умовах підприємств харчової та переробної промисловості з обов'язковим контролюванням відповідності вимогам до якості сировини та суворим дотриманням усіх рекомендацій і правил оброблення, фасування та зберігання готової органічної продукції.

Незважаючи на вказані вище проблеми, органічні продукти стають все більш популярними і широкодоступними за щорічно зростаючих обсягів виробництва і продажу. Цей феномен пояснюється тим, що з кожним роком все більшим стає прагнення людей до здорового харчування та вживання корисних та екологічно чистих продуктів. Так, якщо у 1999 р. під органічне землеробство було зайнято

усього 11 млн га, то у 2014 р. цей показник зріс у 4 рази. У 10 разів зросла кількість виробників органічної продукції [12; 13]. За даними Organic World, станом на 2016 р. [14] у світі із 230 країн світу органічним виробництвом займалися 178 країн (77% від загальної кількості). Лідерами залишаються країни ЄС — із 49 країн 48 охоплено органічним виробництвом. Активно впроваджують органічне виробництво країни Азії, де органічне виробництво зосереджено в 41 країні (83,7%). У той же час загальна площа органічних сільськогосподарських угідь у світі залишається незначною і досягає всього 1,2% від обсягу всієї площі. Найбільша частка площ органічних земельних угідь належить Австралії (35,6 млн га), Аргентині (3,4 млн га) і Китаю (3 млн га). Найбільший ринок органічної продукції належить США (45,6 млрд дол. США), Німеччині (11,3 млрд дол. США) та Франції (8,9 млрд дол. США). За споживанням органічної продукції на душу населення лідирують Швейцарія, Данія та Швеція. Позитивна тенденція розвитку органічного виробництва у світі зберігається і в 2020 р. [12; 13].

В Україні у 2005 р. було засновано Федерацію органічного руху, функцією якої є сприяння розвитку сучасних, ефективних і безпечних для довкілля і людини технологій ведення сільського господарства. Але офіційне запровадження органічного виробництва розпочалося з укладання договору між Україною та Швейцарією. Перший вітчизняний сертифікаційний орган — компанію «Органік Стандарт» — було створено в рамках українсько-швейцарського проекту «Органічна сертифікація та розвиток органічного ринку в Україні» у 2007 році. Компанія здійснює сертифікацію в усіх регіонах України для понад 400 операторів органічної продукції, що складає близько 75% від усіх органічних операторів в країні. Завдяки тому, що «Органік Стандарт» визнано у Європі та Швейцарії, клієнти цієї компанії можуть експортувати свою продукцію до ЄС за спрощеною схемою. Вже з 2010 р. з'явилися власні підприємства з переробки органічної сировини і внутрішній вітчизняний ринок почав наповнюватися органічною продукцією — зерновими, фруктами, м'ясними та молочними продуктами, медом тощо [15].

У 2011 р. в Україні було прийнято Закон «Про органічне виробництво», який регламентував вимоги до всіх етапів виробництва, переробки та постачання кінцевому споживачеві органічної продукції та її сертифікації. У 2013 р. виробники сертифікованої органічної продукції утворили спілку «Органічна Україна» з метою наповнення вітчизняного ринку якісними та безпечними харчовими продуктами [12].

За оцінками експертів, нинішні темпи розвитку органічного виробництва в Україні в 5,5 рази вищі за європейські та у 4,9 рази вищі за світові. Протягом останніх п'яти років загальна площа органічних сільськогосподарських земель зросла в 1,5 рази і Україна посіла 20 місце у світі й 11 місце серед європейських країн за загальною площею сільськогосподарських угідь, сертифікованих як органічні. У той же час органічні землі займають менше 1% від 42,3 млн га сільськогосподарських земель в Україні. Але за збереження загальної позитивної тенденції розвитку органічного агровиробництва в Україні у 2020 р. площа органічних сільськогосподарських культур може збільшитися до 507 тис. га.

Нині переважна більшість сертифікованих органічних господарств в Україні зосереджені у Київській та Одеській областях — понад 10% у загальній кількості операторів органічного виробництва, у Харківській, Херсонській, Житомирській, Хмельницькій, Вінницькій, Чернігівській областях — до 10%, в інших областях — до 5% [16]. У 2017 р. майже половина угідь загальною площею до 400 000 га були зайняті під вирощування зернових, близько чверті — олійними і зернобобовими,

решта — овочеві і ягідні плантації та сади [12]. У 2018 р. кількість операторів органічного ринку зросла до 617 (у 2014 р. було 400). Вже у 2014 р. наша держава за обсягами виробництва органічних продуктів посіла 20 місце в світі. Обсяг органічної продукції на внутрішньому ринку зріс до 500 млн грн. За даними швейцарсько-українського проекту «Розвиток органічного ринку в Україні» Дослідного інституту органічного сільського господарства (FiBL), [16] в Україні виробляється понад 400 найменувань органічної продукції, з них у 2018 р. Україною було експортовано понад 70 різних органічних товарів у 40 країн світу. Нині Україна займає 4 місце серед країн експортерів до ЄС. Обсяги експорту органічної продукції в ЄС за 2018 р. становили 266,7 тис. тонн. З усього обсягу продажів органічних продуктів 90% припадають на експорт і лише 10% — на внутрішній ринок. Найбільше українські органічні продукти купують Нідерланди, Німеччина, Англія, Литва, Австрія, Італія, Франція. Серед країн колишнього СРСР Україна посідає перше місце за обсягами експорту органічної продукції в країни ЄС. Основні види органічних продуктів, які експортують з України: пшениця, кукурудза, спельта, ячмінь, жито, соя, горох, насіння соняшнику та ріпаку, чорниця та малина (заморожені), яблука і яблучний сік (концентрат), просо і пшоно, мед, гриби, горіхи, трави та інші продукти [17]. Вперше з України почати експортували органічний мед у 2017 р., а у 2018 р. обсяги вже зросли до 300 тонн. Обсяг експортованої замороженої малини також значно зріс за останні 3 роки і в 2019 р. досяг понад 400 тонн. Все більше українських операторів експортують не тільки органічну сировину, але й готову продукцію. Так, у 2018 р. значно збільшився експорт органічної соняшникової олії. З'явився перший український виробник органічного цукру — ТОВ «Дедденс Агро», який став основним на європейському ринку органічного цукру з обсягом виробництва понад 800 тонн.

На внутрішньому ринку обсяги споживання органічної продукції у перерахунку на одну людину складають усього 0,68 євро (у світі сягає 10—11 євро) за доволі широкого асортименту органічної продукції. Однак ціни на органічні продукти в українських супермаркетах, зазвичай, суттєво завищені. Якщо за кордоном націнка в середньому становить 20—30%, то в Україні її величина — до 300% [17], що суттєво знижує доступ органічних харчових продуктів для пересічного українця.

Значною подією стало набуття 2 серпня 2019 р. чинності Закону України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» [20], у якому врегульовано відносини у сфері органічного виробництва та обігу органічної продукції, що виробляється, ввозиться на митну територію України або вивозиться з неї в митному режимі експорту. Законом також визначено засади правового регулювання в Україні функціонування ринку, прав та обов'язків його суб'єктів, міжнародного співробітництва України у сфері органічного виробництва. До галузей органічного виробництва віднесено органічні рослинництво, тваринництво, грибництво, аквакультура, виробництво морських водоростей, органічних харчових продуктів та органічних кормів. Також уведено контроль і реєстрацію операторів органічного виробництва й акредитацію сертифікаційних органів, які мають право працювати відповідно до українського законодавства. Створено Єдиний реєстр виробників органічної продукції, вже існує банк компаній ТОП Organic, які займаються органічним землеробством. Нові правила ведення господарської діяльності у сфері органічного виробництва дадуть змогу знизити рівень забруднення атмосферного повітря, води, земель синтетичними речовинами,

у тому числі агрохімікатами, пестицидами, а також відходами тваринництва, сформувати якісні умови утримання певних видів тварин для задоволення їхніх поведінкових потреб.

Наказом Мінагрополітики від 22.02.2019 №67 затверджено державний логотип для органічної продукції. Також визначені умови для виробництва органічного молока та м'яса: годувати дорослих тварин дозволено лише органічними кормами, а молодих тварин — лише натуральним молоком. Молочне стадо повинне мати вільний доступ до пасовищ. У репродуктивний період тварин заборонено застосовувати гормони. Харчовий продукт має сертифікуватися не лише за виробничим циклом, але й за процесом одержання продовольчої сировини.

Більшість органічних операторів в Україні вже сертифіковані згідно з органічним стандартом ЄС (еквівалентним Регламентам ЄС №834/2007 та №889/2008) для використання як для експорту, так і для внутрішнього ринку. У той же час положення Закону про виробництво й обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини не в повній мірі забезпечують належну діяльність ринку органічної продукції, що створює умови для введення в обіг фальсифікованої органічної продукції та уникнення відповідальності за ці порушення.

Також слід акцентувати увагу і на певних соціальних перевагах органічного виробництва, яке створює додаткові робочі місця у сільській місцевості за менш екстенсивних і більш працездатних органічних технологій вирощування культур та розведення худоби. Водночас слід зазначити, що багато перешкод виникає ще на етапі виробництва органічної продукції сільгоспвиробниками. І серед найвагоміших можна виділити такі:

- відсутність державної підтримки органічного виробництва;
- складна, тривала і вартісна процедура сертифікації угідь, важкий процес переходу від традиційних технологій до органічного землеробства через тривалий простій землі задля її регенерації і збити у зв'язку з цим;
- обмежена кількість екологічно чистих територій, які відповідають вимогам для вирощування органічної продукції;
- відсутність сучасних біотехнологій боротьби із шкідниками та органічних добрив;
- низький рівень знань і практичного досвіду ведення органічного господарства, відсутність підготовлених фахівців з цих питань;
- відсутність науково обґрунтованих технологій з виробництва та переробки органічної сільськогосподарської продукції;
- низькі закупівельні ціни комерційних посередників і, відповідно, низька дохідність господарства;
- відсутність маркетингових досліджень у сфері органічного виробництва;
- відсутність суттєвих інвестицій в органічну галузь;
- недостатній рівень транспортного забезпечення міжнародних перевезень;
- дисбаланс між експорто- та імпортомісткістю економіки.

Доволі суттєвими чинниками, які істотно гальмують прогрес розвитку ринку органічних продуктів в Україні, є також важкість проходження процедури сертифікації продукції за стандартами ЄС, низька обізнаність виробників сільгосппродукції стосовно переваг і перспектив органічного виробництва, великі торговельні надбавки на органічні продукти харчування, недостатня інформованість населення про користь споживання органічних продуктів [21].

Для успішного розвитку органічного виробництва в Україні потрібно передусім на державному рівні розробити та прийняти відповідні підзаконні акти, що дозволять виробникам прозоро проходити процедуру органічної сертифікації не тільки

за чинними міжнародними, але й національними стандартами. Також важливою є діяльність для створення передумов із забезпечення інвестиційно-інноваційної моделі розвитку аграрних підприємств. Органічні продукти слід зробити доступними для вітчизняних споживачів за підвищення обсягів виробництва органічних харчових продуктів і зниження високих торговельних націнок на них у торговельній мережі.

Важливими є також зміцнення конкурентних позицій на ринку органічної продукції, запозичення досвіду її виробництва у високорозвинутих країнах світу та поглиблення інтеграції в міжнародний економічний простір.

Не останню роль відіграє і широка пропаганда здорового способу життя та здорового харчування, рекламування безпечної та корисної органічної продукції, а також започаткування в установах вищої освіти і галузевої науки спеціальної фахової підготовки, формування вітчизняної наукової школи для розробки інновацій у сфері виробництва органічної продукції.

Отже, виробництво органічної продукції в Україні має всі можливості для успішного розвитку. Подолавши деякі чинники, що гальмують цей процес, наша держава отримає гарні перспективи розвитку не тільки внутрішнього, але й експортного ринку органічних продуктів.

Перспективи подальших досліджень будуть спрямовані на розроблення удосконалення комплексної інтегральної оцінки ефективності органічного аграрного виробництва та створення науково-методологічної бази для започаткування принципово нових напрямків у науковій діяльності вітчизняних вчених, які працюють у сферах сільськогосподарського виробництва і харчових технологій.

Висновки. Виробництво органічної продукції є актуальним для багатьох країн світу, зокрема для України, яка має всі передумови увійти до числа лідерів з органічного виробництва.

Органічне виробництво може стати одним з найперспективніших напрямків діяльності у сільському господарстві та харчовій промисловості, що сприятиме збільшенню інтересу імпортерів до української продукції.

Для успішного розвитку органічного виробництва потрібна підтримка держави, спрощення процедури сертифікації угідь, запозичення досвіду виробництва органічної продукції у високо розвинутих країнах.

Наукові дослідження та просвітницька діяльність у сфері органічного виробництва є вкрай необхідними для підвищення конкурентоздатності вітчизняної продукції на міжнародному ринку.

ЛІТЕРАТУРА

1. A study on awareness of organic food products in Trichy district / B. Rock, K. Puhalethi, S. Vishnupriya [et al.] // *Int. J. Community Med. Public Health.* — 2017. — 4(12). — P. 4490—4494.
2. Білоткач І. А. Інституціональне забезпечення розвитку інфраструктури ринку органічної сільськогосподарської продукції / І. А. Білоткач // *Інвестиції: практика та досвід.* — 2019. — № 3. — С. 12—20.
3. Мартинюк М. П. Державне регулювання органічного виробництва: стан та перспективи розвитку / М. П. Мартинюк // *Матеріали доповідей учасників V Міжнародної науково-практичної конференції «Органічне виробництво і продовольча безпека».* — Житомир: ЖНАЕУ, 2017. — С. 5—10.
4. Милованов Є. В. Регіональна підтримка органічного агровиробництва у світі / Є. В. Милованов // *Науковий вісник Ужгородського Університету.* — 2018. — Серія Економіка. Випуск 2 (52). — С. 63—74.
5. Буга Н. Ю. Перспективи розвитку органічного виробництва в Україні / Н. Ю. Буга, І. Г. Яненкова // *Актуальні проблеми економіки.* — № 2 (164), 2015. — С. 117—125.

6. Healthy food is nutritious, but organic food is healthy because it is pure: The negotiation of healthy food choices by Danish consumers of organic food /K. Ditlevsen, P. Sandoe, J. Lassen // Food Quality and Preference. — Vol. 71, January 2019. — P. 46—53.

7. Productivist or multifunctional: An activity theory approach to the development of organic farming concepts in Sweden / W. Świergiel, M. P. Querol, B. Rämert, M. Tasin [et al.] // Agroecology and Sustainable Food Systems. — Vol. 42, 2018. — Issue 2. — P. 210—239.

8. Органическое земледелие — здоровье почвенной экосистемы / Т. Г. Алиев, Л. И. Кривошеков, В. В. Шелковников и др. // Экологическая педагогика: проблемы и перспективы в свете развития технологий индустрии. Материалы Международной научной школы. Под ред. Е. С. Симбирских. — Мичуринск, 26 октября 2017. — С. 16—19.

9. Human health implications of organic food and organic agriculture: a comprehensive review / A. Mie, H. R. Andersen, S. Gunnarsson [et al.] // Environ Health. — Oct. 27. 2017. — 111 p.

10. Invited review: Organic and conventionally produced milk — An evaluation of factors influencing milk composition / B. H. Schwendel, T. J. Wester, P. C. Morel [et al.] // J. of Dairy Sci. — Vol. 98, Issue 2, February 2015. — P. 721—746.

11. Buying 'Organic' to Get 'Authenticity'? Or Safer and More Nutritious Food? Think Again. And Again / Henry I. Miller. // Mo Med. — 2019. — Jan—Feb; — 116(1). — P. 8—11.

12. Вінюкова О. Б. Ринок органічної продукції в Україні: проблеми та перспективи розвитку / О. Б. Вінюкова, Г. А. Чугрій // Причорноморські економічні студії. — 2018. — Вип. 26. — С. 42—47.

13. Уланчук В. С. Розвиток органічного виробництва в Україні / В. С. Уланчук, О. В. Жарун, С. Ю. Соколюк, С. П. Ткачук // Молодий вчений. — 2017. — № 3. — С. 867—870.

14. Правила для виробників сертифікованої органічної продукції // Офіційний сайт Федерації органічного руху України [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.organic.com.ua/uk/homepage>.

15. Механізм забезпечення розвитку органічного аграрного виробництва в Україні / Н. Ляліна, Г. Матвієнко-Біляєва // Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal. — 2019. — Vol. 5, No. 2. — P. 121—140.

16. Розвиток органічного ринку — Україна та світ/ FiBL. Інформаційний бюлетень. — Березень. 2018 р. — 40 с.

17. Органік бізнес-довідник України. / за ред. Наталія Прокопчук (FiBL), Тетяна Зігг (FiBL), Юлія Власюк (FiBL). — К.: ФОП Михайло Лесін, 2014. — 406 с.

18. Регламент Ради (ЄС) № 834/2007 від 28 червня 2007 року про екологічне виробництво та маркування екологічної продукції і про 9 припинення дії Регламенту ЄС № 2092/91 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://minjust.gov.ua/file/32349>

19. Organic Standards and Certification / Офіційний сайт International Federation of Organic Agriculture Movements [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.ifoam.org/about_ifoam/standards/index.html.

20. Закон України «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини». Відомості Верховної Ради України. — 2014. — № 20—21. — С. 16—41.

21. О. В. Скидан. Формування регіональної політики розвитку органічного виробництва / О. В. Скидан // Органічне виробництво і продовольча безпека. Житомир: Видавець О. О. Євенок, 2016. — С. 16—26.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В УКРАИНЕ И МИРЕ

И. Г. Власенко, Т. В. Семко

Винницкий торгово-экономический институт КНТЭУ

Г. Е. Полищук, М. П. Боровая

Национальный университет пищевых технологий

Целью научного исследования является анализ современного состояния и определение тенденций дальнейшего развития производства органической продукции в Украине и мире. В статье писана история возникновения отечественной

отрасли органической продукции, ее становление и особенности адаптации к требованиям мирового рынка. Определены основные задачи отрасли как целостной системы хозяйствования и производства продовольственного сырья и пищевых продуктов. Подтверждена актуальность производства органической продукции во многих странах мира и Украине, которая имеет все условия для вхождения в число лидеров-производителей органических продуктов. Приведены достижения органического производства в Украине за последние годы и доказан ее значительный потенциал в данной сфере экономической деятельности. Доказано, что реализация рекомендованных мероприятий будет всесторонне развивать рынок органической продукции, повышать его экспортную привлекательность, социальную значимость и удовлетворять потребность в здоровом питании отечественных потребителей.

Ключевые слова: *здоровое питание, аграрный сектор, пищевая промышленность, органическое производство, органическая продукция.*

УДК 664.664.6

STUDY OF THE CARBOHYDRATE-AMYLASE COMPLEX OF CEREAL FLOUR AND ITS MIXTURE WITH WHEAT

I. Hetman, L. Mykhonik, I. Kukharenko

*National University of Food Technologies***Key words:**

cereal flour,
wheat flour,
quality indicators,
technological properties,
carbohydrate-amylase
complex,
bakery products

Article history:

Received 29.05.2020
Received in revised form
20.06.2020
Accepted 15.09.2020

Corresponding author:

bilyklena@gmail.com

ABSTRACT

The article investigates the indicators of the carbohydrate-amylase complex of cereal flour and their mixtures with wheat — the content of their own sugars, sugar-forming ability, autolytic activity, gas-forming ability, as well as technological properties that are closely related to the above-mentioned indicators.

It was found that barley and buckwheat flours have a greater amount of their own sugars, in comparison with wheat flour, which has a positive effect on gas formation in the dough at the beginning of fermentation.

The indicators of gas-forming and sugar-forming abilities of oat, barley, rice and green buckwheat flour are lower than the corresponding indicators of wheat flour, and mixtures are, on the contrary, higher. This is probably due to the granulometric composition of the studied types of flour, the qualitative and quantitative composition of enzymes, differences in the technology of hydrothermal treatment of cereals in preparation for grinding, which cause changes in the structure of starch grains and a decrease in the activity of enzymes. The influence of oatmeal, barley, rice and buckwheat flour on the technological properties of mixtures of wheat flour with flour of cereal crops was also established, namely, the gas-holding capacity for the specific volume of the dough and the shape-holding ability for spreading of the dough ball, which depend on the state of the carbohydrate amylase complex, determining the intensity fermentation of the dough and the content of water-soluble substances in it. It has been proven that the samples of dough from flour mixtures are characterized by a low rate of gas-holding capacity, in comparison with the control sample (dough from wheat flour), however, the specific volume of dough from mixtures of wheat flour with rice and green buckwheat flour deteriorates slightly.

The investigated indicators of the carbohydrate-amylase complex and the technological properties of cereal flour and their mixtures with wheat allow their use in industry technology, while predicting the course of the technological process in bread technology using cereal flour.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-7

ДОСЛІДЖЕННЯ ВУГЛЕВОДНО-АМІЛАЗНОГО КОМПЛЕКСУ БОРОШНА КРУП'ЯНИХ КУЛЬТУР І ЙОГО СУМІШЕЙ З ПШЕНИЧНИМ

І. А. Гетьман

Л. А. Михонік, канд. техн. наук

І. О. Кухаренко

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено показники вуглеводно-амілазного комплексу борошна круп'яних культур та його сумішей з пшеничним — вміст власних цукрів, цукроутворювальну здатність, автолітичну активність, газоутворювальну здатність, а також технологічні властивості, які тісно пов'язані з вищезазначеними показниками. Встановлено, що більшу кількість власних цукрів, порівняно з пшеничним борошном, мають ячмінне та гречане борошно, що позитивно впливає на газоутворення в тісті на початку бродіння.

Дослідження формоутримувальної здатності показали, що більшість видів борошна можливо застосовувати в рецептурах не лише формового, але й подового хліба, адже показники розпливання кульки тіста незначно відрізнялись від контрольного зразка. Досліджені показники вуглеводно-амілазного комплексу, технологічних властивостей борошна круп'яних культур і його сумішей з пшеничним дають змогу використовувати їх в технології галузі, при цьому прогнозувати перебіг технологічних процесів у технології хліба з використанням борошна круп'яних культур.

Ключові слова: борошно круп'яних культур, пшеничне борошно, показники якості, технологічні властивості, вуглеводно-амілазний комплекс, хлібобулочні виоби.

Постановка проблеми. З метою впливу на харчовий раціон людини через коригування хімічного складу хліба, як продукту щоденного вживання, в нашій країні і за кордоном вивчаються можливості приготування дієтичних та оздоровчих сортів хліба з додаванням продуктів переробки бобових, олійних і зернових культур, зокрема борошно і пластівці круп'яних культур. Включення в рецептури хлібних виробів борошна круп'яних культур надає їм оздоровчих і дієтичних властивостей. За різними даними, масова частка круп'яних продуктів у хлібі, збагаченому ними, складає від 10 до 40% від загальної маси борошна в тісті, оскільки кожен з цих продуктів має специфічні особливості хімічного складу і функціональних властивостей [1; 2].

Зважаючи на особливості кожного виду нетрадиційної для хлібопечення сировини, необхідно досліджувати її технологічні властивості, структурно-механічні властивості тіста та перебіг мікробіологічних і біохімічних процесів у ньому для встановлення оптимальних технологічних параметрів виготовлення хліба з цими видами сировини [3].

Важливе значення для прогнозування якості хлібобулочних виробів мають не лише показники якості борошна та іншої сировини, зазначені в нормативній документації, а й показники, що характеризують хлібопекарські властивості борошна. Першочергове значення має стан його білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів.

Стан вуглеводно-амілазного комплексу характеризується здатністю борошна забезпечити мікрофлору тіста цукрами в процесі бродіння та вистоювання тістових заготовок, а також реакцію меланоїдиноутворення, від якої залежить забарвлення скоринки виробів.

Оскільки борошно круп'яних культур використовується як додаткова сировина в рецептурі хлібобулочних виробів, його технологічні властивості не регламентуються нормативами галузі та вивчені недостатньо, що й зумовило необхідність їх визначення. На сьогодні обмаль даних про активність ферментів у цих видах борошна. Науковці та виробничники відмічають підвищення перебігу газотворення в пшеничному тісті, погіршення формоутримувальної здатності тістових заготовок та зниження об'єму виробів у разі додавання борошна круп'яних культур або побічних продуктів його виробництва, що потребує пояснень [3; 4].

Зважаючи на це, існує необхідність визначити технологічні властивості найбільш поширених видів борошна круп'яних культур та їх сумішей з пшеничним з метою використання в технології хліба.

Мета статті: дослідження та аналіз вуглеводно-амілазного комплексу борошна круп'яних культур та його сумішей з пшеничним, вивчення впливу досліджуваних видів борошна на газоутримувальну та формоутримувальну здатності тіста з пшеничного борошна.

Матеріали і методи. Під час проведення досліджень було використано такі види борошна: пшеничне борошно першого сорту (контрольний зразок) — ТМ «Народна»; ячмінне, рисове, вівсяне, зеленої гречки — ТМ «Органік Еко Продукт». Досліджували показники вуглеводно-амілазного комплексу, зокрема вміст власних цукрів і газоутворювальну здатність. Активність амілолітичних ферментів оцінювали непрямыми методами: α -амілази — за автолітичної активністю, β -амілази — за цукроутворювальною здатністю.

Масову частку загального цукру, зокрема моно- та дисахариди, визначали йодометричним методом [5]. Цукроутворювальну здатність борошна та борошняних сумішей визначали йодометричним методом за кількістю утвореної мальтози у водно-борошняній суспензії за методикою [6]. Автолітичну активність визначали за методом автолітичної проби (згідно з ГОСТ 27495-87) [7]. Газоутворювальну здатність борошна та борошняних сумішей визначали волюмометричним методом [6]. Формоутримувальну здатність тіста з борошняних сумішей визначали за розпливанням кульки тіста. Газоутримувальну здатність вимірювали, спостерігаючи за зміною об'єму тіста в циліндрі згідно з методикою [6].

Результати досліджень. Вуглеводно-амілазний комплекс характеризується наявністю власних цукрів, крохмалю й інших вуглеводів, активністю амілолітичних ферментів, що розщеплюють крохмаль [7].

Результати дослідження показників вуглеводно-амілазного комплексу борошна круп'яних культур порівняно з пшеничним борошном наведені в табл. 1.

Як свідчать дані табл. 1, більшу кількість власних цукрів, порівняно з пшеничним борошном, мають ячмінне та гречане борошно, що позитивно впливає на газоутворення в тісті на початку бродіння. Відомо, що власні цукри борошна забезпечують дозрівання тіста тільки протягом 30—60 хв, а для одержання виробів високої якості необхідно мати достатню кількість цукрів як під час дозрівання, так і остаточного вистоювання тіста, а також у період випікання. Тому важливим показником борошна є його здатність утворювати цукри за допомогою ферментів

амілолітичної дії в процесі дозрівання тіста, тобто цукроутворювальна здатність [7; 8].

Таблиця 1. Показники вуглеводно-амілазного комплексу борошна круп'яних культур

Назва показника	Борошно				
	Пшеничне I сорту	Зеленої гречки	Вівсяне	Ячмінне	Рисове
Вміст цукрів, % на СР борошна	0,8	1,3	0,69	2,08	0,59
Цукроутворювальна здатність, мг мальтози на 10 г борошна	186,0	77,4	158,0	175,0	47,0
Автолітична активність, % на СР борошна	28	12,8	15,2	34,9	8,0
Сумарне газоутворення, см ³ /100 г борошна	1301	899	936	995	518

Цукроутворювальна здатність обумовлена не тільки кількістю та активністю ферментів (α - та β -амілаз), а й податливістю крохмалю до їх дії, тобто атакованістю, на що, у свою чергу, впливає ступінь механічного пошкодження крохмальних зерен під час помелу та, власне, гранулометричний склад [8]. Результати досліджень, наведені в табл. 1, свідчать про нижчу цукроутворювальну здатність борошна круп'яних культур, порівняно з пшеничним, однак найменше відрізнялися вівсяне та ячмінне борошно, відповідно, 158,0 та 175,0 мг мальтози на 10 г борошна проти 186, 0 мг мальтози на 10 г борошна для пшеничного.

Отже, можна прогнозувати, що в разі виготовлення виробів на основі дріжджового тіста лише з борошна круп'яних культур без додавання пшеничного, після зброджування дріжджами власних цукрів для подальшого бродіння і реакції меланоїдиноутворення їх кількості буде недостатньо, тому до рецептури таких виробів необхідно включати цукор або патоку.

Від активності ферментів і податливості крохмалю їх дії також залежить процес автолізу (накопичення водорозчинних низькомолекулярних декстринів під дією α -амілази). Він виражається показником автолітичної активності. За даними табл. 1, активна α -амілаза міститься лише в ячмінному борошні, в пшеничному борошні значення знаходиться в допустимих межах, що регламентуються галузю. Решта видів борошна мали низькі значення, що корелює із цукроутворювальною здатністю.

Газоутворювальна здатність є комплексним показником вуглеводно-амілазного комплексу і залежить від вмісту власних цукрів у борошні та активності його амілолітичних ферментів. Для узагальнення результатів досліджували перебіг газоутворення в зразках тіста з борошна круп'яних культур протягом 5 год бродіння за методикою визначення газоутворювальної здатності пшеничного борошна. Тісто для досліджень замішували, враховуючи водопоглинальну здатність борошна круп'яних культур.

Дані сумарного газоутворення свідчать (табл. 1), що тісто з борошна круп'яних культур здатне виділити меншу кількість діоксиду вуглецю порівняно з пшеничним. Це свідчить про нижчу активність амілолітичних ферментів цих видів

борошна, зокрема β -амілази. Рисове борошно характеризується найменшим значенням показника сумарного газоутворення, що корелює з даними вмісту цукрів у ньому та активністю амілолітичних ферментів.

Оскільки борошно круп'яних культур використовують у сумішах з пшеничним, виконували модельні досліди, для яких готували борошняні суміші зі співвідношенням пшеничного і круп'яного борошна — 80:20. Зазначене співвідношення борошна в сумішах зумовлене попередніми дослідженнями структурно-механічних властивостей тіста та якості виробів, проведеними на кафедрі технології хлібопекарських та кондитерських виробів НУХТ авторами статті. В ході цих досліджень було встановлено, що максимальна заміна пшеничного борошна борошном круп'яних культур, яка не призводить до суттєвого погіршення структурно-механічних властивостей тіста та якості виробів, становить 20%.

У борошняних сумішах, як і в попередніх зразках, визначали цукроутворювальну здатність і газоутворювальну (за показником сумарного газоутворення в тісті). Отримані результати наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Технологічні показники сумішей пшеничного борошна з борошном круп'яних культур

Назва показника	Контроль (пшеничне борошно I сорту)	Внесено 20% борошна круп'яних культур замість маси пшеничного			
		Зеленої гречки	Вівсяне	Ячмінне	Рисове
Цукроутворювальна здатність, мг мальтози на 10 г борошна	180	197	215	265	263
Сумарне газоутворення, см ³ /100 г борошна	1288	1512	1580	1984	1596
Питомий об'єм тіста через 3 год. бродіння, см ³ /100 г тіста	280	268	224	230	276
Розпливання кульки тіста через 3 год. ферментації, мм	124	143	96	105	125

Встановлено, що суміші пшеничного борошна з борошном круп'яних культур мають вищу цукроутворювальну здатність, ніж пшеничне борошно. Ми пояснюємо ці результати дією β -амілази, яка в достатній кількості міститься в пшеничному борошні, і, відповідно, в сумішах, а також високою піддатливістю крохмалю борошна круп'яних культур амілолізу завдяки гідротермічній обробці круп перед помелом та розміром крохмальних зерен. Так, за даними дослідників [9; 10], середні значення розмірів крохмальних зерен пшеничного борошна — $(12,4 \pm 1,9)$ мкм, ячмінного — $(10,9 \pm 1,15)$ мкм, вівсяного — $(7,4 \pm 0,87)$ мкм, гречаного — $(6,6 \pm 0,52)$ мкм, рисового — $(5,3 \pm 0,29)$ мкм.

Варто відмітити, що найвищий показник цукроутворювальної здатності в сумішах пшеничного борошна з ячмінним і рисовим. Для суміші з ячмінним борошном це пояснюється його високою цукроутворювальною здатністю, а для суміші з рисовим — найменшим розміром крохмальних зерен серед досліджуваних видів борошна.

Усі зразки тіста із сумішей мають більший показник сумарного газоутворення порівняно з контролем. Найбільше сумарне газоутворення має тісто із сумі-

шей з додаванням ячмінного та рисового борошна 1984 та 1596 см³/100 г відповідно, тоді як з пшеничного борошна 1288 см³/100 г, що корелює з показником цукроутворювальної здатності сумішей.

Деякі з технологічних показників, зокрема газоутримувальна та формоутримувальна здатності тіста, значною мірою залежать від стану його вуглеводно-амілазного комплексу, що обумовлює інтенсивність бродіння тіста та вміст в ньому водорозчинних речовин.

Дослідження газоутримувальної здатності показало (табл. 2), що зразки тіста з борошняних сумішей через 3 год бродіння мають менший питомий об'єм, ніж контрольний зразок. Це пояснюється тим, що, незважаючи на високий показник сумарного газоутворення, додавання борошна круп'яних культур замість маси пшеничного борошна зменшує вміст клейковини в тісті, тому погіршується його здатність утримувати діоксид вуглецю. Слід відмітити, що питомий об'єм тіста із сумішей пшеничного борошна з рисовим та з борошном зеленої гречки погіршується несуттєво. Практично всі зразки тіста з борошняних сумішей починають опадати в циліндрі через 150 хв бродіння, тоді як контрольний зразок не опадає навіть через 180 хв. Це свідчить про необхідність скорочення тривалості дозрівання та вистоювання в разі виготовлення хліба з додаванням борошна круп'яних культур.

Дослідження формоутримувальної здатності показали (табл. 2), що більшість видів борошна можливо застосовувати в рецептурах не лише формового, але й подового хліба, адже показники розпливання кульки тіста були нижчі за контрольні, або несуттєво відрізнялись. У тісті із суміші із зеленою гречкою спостерігалось значне розрідження тіста, що може бути пов'язано з високою активністю протеолітичних ферментів, тому хліб з додаванням цього виду борошна рекомендуємо виготовляти формовим.

Висновки. Показники вуглеводно-амілазного комплексу мають важливе значення при моделюванні нових рецептур хлібобулочних виробів. Вивчення цих показників у нетрадиційних видах борошна, зокрема з круп'яних культур, дає змогу використовувати їх у технології галузі, при цьому створювати необхідні умови приготування тіста для забезпечення належної якості хліба.

Встановлено, що борошно круп'яних культур характеризується нижчими значеннями показника сумарного газоутворення та нижчою активністю амілолітичних ферментів, порівняно з пшеничним борошном, а суміші, навпаки, мають вищі значення відповідних показників.

Заміна пшеничного борошна борошном круп'яних культур у кількості 20% погіршує питомий об'єм тіста, незважаючи на більш інтенсивний перебіг газоутворення в ньому. Рисове борошно та борошно зеленої гречки незначно впливає на газоутримувальну здатність тіста з сумішей.

Додавання борошна круп'яних культур до пшеничного не погіршує формоутримувальної здатності тіста, крім борошна із зеленої гречки.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення активності амілолітичних ферментів борошна круп'яних культур прямими методами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дробот В. І. Продукты функционального назначения / В. І. Дробот, Л. А. Михонік, А. М. Грищенко // Мир продуктів. — № 9. — 2009. — С. 6—8.
2. Грищенко А. М. Технологічні властивості безглютоєвих видів сировини / А. М. Грищенко, В. І. Дробот // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. — 2014. — Вип. 46(1). — С. 162—166.

3. Моргун В. О. Як поводитися композиційна суміш з пшеничного, гречаного, кукурудзяного борошна та пшеничних висівок при випіканні хліба / В. О. Моргун, Д. О. Жигунов, О. С. Крошко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. — 2004. — № 1. — С. 22—23.
4. Технологія хліба пшеничного з продуктами переробки зародків вівса та кукурудзи: монографія / С. Г. Олійник, Г. В. Степанькова, О. В. Самохвалова, О. І. Кравченко. — Харків: ХДУХТ, 2017. — 123 с.
5. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів / В. І. Дробот. — навчальний посібник. — К.: Кондор-Видавництво, 2015. — 958 с.
6. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва / В. І. Дробот. — навчальний посібник. — К.: Центр навчальної літератури, 2006. — 341 с.
7. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва / В. І. Дробот, 2-е вид., перероб. і допов. — довідник: навчальний посібник. — К.: ПрофКнига, 2019. — 580 с.
8. Лебеденко Т. Є. Технологія хлібопекарського виробництва / Т. Є. Лебеденко, Г. Ф. Пшенишнюк, Н. Ю. Соколова. — практикум: навчальний посібник. — Одеса: Освіта України, 2014. — 392 с.
9. Бутрим С. М. Морфология и размеры зерен крохмала разного ботанического происхождения / С. М. Бутрим, З. А. Канарская, А. В. Канарский, В. В. Литвяк // Вестник технологического университета. — 2018. — № 3. — С.64—69.
10. Иоргачева Е. Г. Технологические свойства компонентов безглютеновых мучных смесей / Е. Г. Иоргачева, О. В. Макарова, Е. Н. Котузаки, И. В. Быстрыка // Наукові праці ОНАХТ. — 2011. — Том 1, № 40. — С. 104—107.

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕВОДНО-АМИЛАЗНОГО КОМПЛЕКСА МУКИ КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР И ЕЕ СМЕСЕЙ С ПШЕНИЧНОЙ

И. А. Гетьман, Л. А. Михоник, И. А. Кухаренко

Национальный университет пищевых технологий

В статье исследованы показатели углеводно-амилазного комплекса муки крупяных культур и их смесей с пшеничной — содержание собственных сахаров, сахарообразовательная способность, автолитическая активность, газообразовательная способность, а также технологические свойства, которые тесно связаны с вышеупомянутыми показателями. Установлено, что большее количество собственных сахаров, по сравнению с пшеничной мукой, имеют ячменная и гречневая мука, что положительно влияет на газообразование в тесте в начале брожения.

Исследованные показатели углеводно-амилазного комплекса, технологических свойств муки крупяных культур и их смесей с пшеничной позволяют использовать их в технологии отрасли, при этом прогнозировать ход технологического процесса в технологии хлеба с использованием муки крупяных культур.

Ключевые слова: *мука крупяных культур, пшеничная мука, показатели качества, технологические свойства, углеводно-амилазный комплекс, хлебобулочные изделия.*

УДК 664.65:664.664.33

REASONING OF IMPROVED FLOWCHART FOR PRODUCTION OF SPECIALLY BAKED RUSK FLOUR

V. Makhynko, L. Makhynko, I. Melnyk
National University of Food Technologies

Key words:

rusk flour,
bread crumbs,
equipment,
technology,
improvement

Article history:

Received 08.04.2020
Received in revised form
24.04.2020
Accepted 21.05.2020

Corresponding author:

mavam78@gmail.com

ABSTRACT

Rusk flour is a bread product which becomes more and more in demand every year. This is primarily due to a large number of various frozen semi-finished meat and fish products on the market that are becoming increasingly popular among consumers. In these semi-finished products manufacture technology, rusk flour can be used not only for decoration (to give a certain color or even flavor). It is aimed at retaining the moisture released when the products are heated while ensuring formation of brown crust and preserving juicy structure.

Bread crumbs made by grinding usual dried bakery products are most commonly used as rusk flour. However, organoleptic, physical and chemical features of such bread crumbs are not uniform and can vary significantly from batch to batch. These indicators are also very hard to control (for example, to ensure that crumbs have a certain color). So, production of specially baked rusk flour is more promising here. The article covers the technology to make such flour which involves baking special breads (bread sticks) and their subsequent cooling, grinding, drying, and calibration of the resulting crumbs. The technology can ensure uniformity of quality of the final products and their ability to satisfy the most diverse consumers' needs.

The purpose of the work was to identify the production "bottlenecks" and to develop measures and proposals to improve the existing process flowchart. It uses a specific example where the main limiting production factors are established, and proposes a number of measures to overcome them. It shows that broad mechanization of core and auxiliary operations not only ensures growth of the enterprise capacity, but also reduces the amount of physically demanding labor, and allows to avoid night shifts. Use of modern equipment can also significantly reduce technological losses and increase cost-effectiveness of the production. The article proposes a promising flowchart that can be implemented both in large enterprises and in small-capacity workshop.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-8

ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА СПЕЦІАЛЬНО ВИПЕЧЕНИХ ПАНІРУВАЛЬНИХ СУХАРІВ

В. М. Махинько, д-р. техн. наук

Л. В. Махинько, канд. техн. наук

І. А. Мельник

Національний університет харчових технологій

У статті виявлено «вузькі місця» виробництва та розроблено заходи і пропозиції щодо удосконалення наявної апаратурно-технологічної схеми. На конкретному прикладі встановлено основні обмежувальні фактори виробництва і запропоновано ряд заходів для їх подолання. Показано, що широке впровадження механізації основних і допоміжних операцій забезпечить не лише зростання потужності підприємства, але й зменшить кількість важкої фізичної праці, надасть можливість відмовитися від роботи у нічний час. Використання сучасного обладнання здатне також суттєво зменшити технологічні втрати, підвищивши рентабельність виробництва. Використання запропонованої схеми є перспективним і може бути впроваджене як на великих підприємствах, так і в цехах невеликої потужності.

Ключові слова: панірувальні сухарі, хлібна крихта, обладнання, технологія, удосконалення.

Постановка проблеми. Темп життя сучасної людини ставить особливі вимоги до харчової промисловості щодо розроблення нових продуктів, нескладних і швидких у приготуванні. Останнім часом набувають все більшої популярності такі вироби, як заморожені напівфабрикати з м'яса чи риби. Вони здатні тривалий час зберігатися без втрати споживчих властивостей і водночас дуже легкі в приготуванні. Науковцями харчової галузі проводиться значна робота щодо удосконалення вже існуючих рецептур таких виробів і розроблення нових [1—3]. За останні десятиліття в Україні побудовано декілька великих промислових підприємств з випуску заморожених напівфабрикатів потужністю понад 100 т/добу. Для виробництва такого обсягу продукції вони мають бути забезпечені достатньою кількістю сировини, стабільної за основними органолептичними та фізико-хімічними показниками. Одним із важливих рецептурних компонентів заморожених м'ясних і рибних напівфабрикатів є панірувальна крихта. Її функції досить різноманітні: надання певного зовнішнього вигляду (колір, структура), формування чи підсилення смаку і структури. Але насамперед паніровка забезпечує вирішення технологічних завдань: запобігання прилипанню виробів до гріючої поверхні, зв'язування вологи, що виділяється при розігріванні виробів, забезпечення формування рум'яної кірочки і збереження соковитої структури. Тож до якості панірувальних сухарів ставляться підвищені вимоги [4]. Значна частина крихти для панірування виготовляється з попередньо висушених традиційних хлібобулочних виробів. Це забезпечує її низьку вартість, однак обмежує діапазон характеристик, що можуть регулюватися на етапі її одержання. Водночас виробники заморожених напівфабрикатів, ідучи назустріч побажанням споживачів і відповідаючи на конкурентні виклики ринку, намагаються увесь раз розширювати асортимент, розробляючи вироби з новим зовнішнім виглядом і смаком. У цьому випадку панірувальна крихта, виготовлена за традиційної схемою,

не здатна виконати всіх покладених на неї функцій. Тож розроблення чи удосконалення схеми виготовлення спеціально випечених панірувальних сухарів є актуальним і перспективним завданням для фахівців харчової галузі.

На попередніх етапах досліджень проведено комплексне оцінювання органолептичних і фізико-хімічних показників хлібної крихти, наявної на вітчизняному ринку [5]. Встановлено, що вона характеризується суттєвою відмінністю як за кольором, так і за основними характеристиками (крупністю, насипною густиною, кутом природного схилу). Це зумовлено насамперед якістю хлібної сировини, з якої її отримують, а також особливостями організації технологічного процесу. Потреба отримувати крихту лише певного розміру призводитиме до утворення великої кількості відходів, а цілеспрямоване регулювання забарвлення кінцевої продукції згідно з потребами замовника за наявної технології її виготовлення практично неможливе. Значно перспективнішим є спосіб виготовлення спеціально випечених панірувальних сухарів. У цьому разі з'являється можливість цілеспрямованого формування їх основних фізико-хімічних показників і забезпечення необхідного кольору згідно зі сформульованими замовником вимогами.

Метою статті є вивчення існуючої схеми виробництва спеціально випечених панірувальних сухарів, виявлення «вузьких місць» виробництва та розроблення заходів і пропозицій щодо удосконалення наявної апаратурно-технологічної схеми.

Матеріали і методи. На прикладі підприємства з виготовлення спеціально випечених панірувальних сухарів ТОВ «Дивалл-Плюс» розглянуто існуючу схему організації технологічного процесу, особливості роботи підприємства і наявне технологічне обладнання. Із залученням елементів системного аналізу складено функціональну й апаратурну схеми, встановлено обмежувальні фактори виробництва. Для удосконалення основних і допоміжних операцій технології виготовлення спеціально випечених панірувальних сухарів використано сучасні розробки у сфері обладнання і організації виробничих процесів.

Результати досліджень. Серед виробників спеціально випечених панірувальних сухарів лідером на сьогодні є ТОВ «Боярд-Плюс» (м. Боярка, Київської обл.). Підприємство є основним постачальником панірувальної крихти для таких відомих виробників заморожених напівфабрикатів, як Миронівський м'ясопереробний завод (ТМ «Легко», м. Київ) та «Єрмолино» (Дніпропетровська обл.). Також підприємство реалізує продукцію під власною торговельною маркою «Паніровка» і співпрацює з ТМ «Сукогіа S. А.» (Польща). Виробничий підрозділ, що спеціалізується на виробництві саме спеціально випечених панірувальних сухарів, — це ТОВ «Дивалл-Плюс», розташоване у м. Васильків Київської області. Ознайомлення з роботою підприємства та основними технологічними операціями дали змогу скласти функціональну схему виробництва, наведену на рис. 1.

Підприємство оснащено сучасним обладнанням відомих закордонних виробників, тому здатне задовольняти найвибагливіші потреби замовників щодо розміру та кольору крихти. На сьогодні підприємство випускає понад 10 видів крихти розміром від 0,5 до 4 мм різноманітних кольорів (у т.ч. зеленого і рожевого). Висока якість і стабільні фізико-хімічні показники крихти спричиняють постійне зростання попиту на цей продукт. А це, у свою чергу, вимагає нарощування потужності підприємства. За цих умов виявляються обмежувальні фактори виробництва, одним із найголовніших серед яких є низький рівень механізації допоміжних операцій.

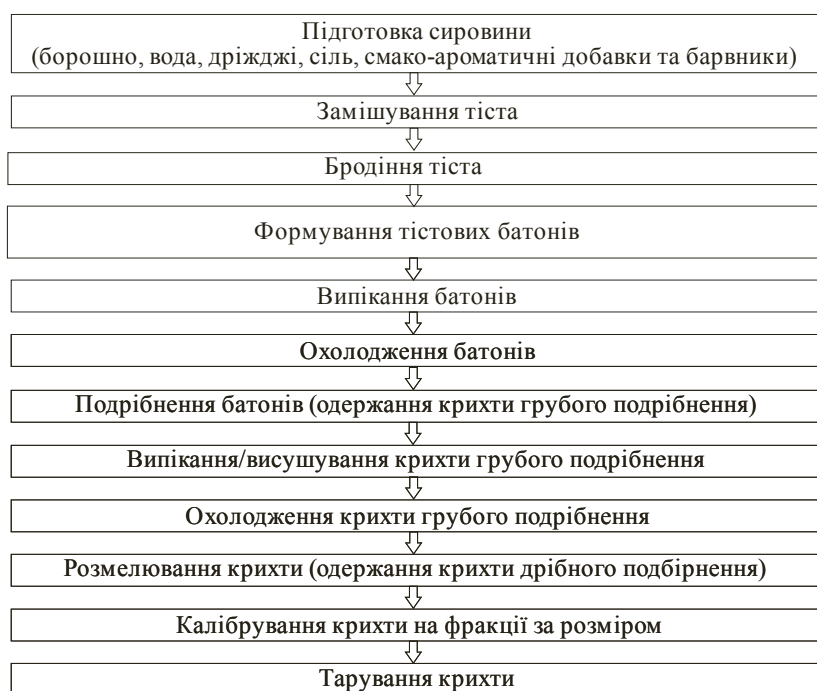


Рис. 1. Принципова схема виготовлення спеціально випечених панірувальних сухарів

До таких «вузьких місць» можна віднести:

- тарний спосіб отримання і зберігання борошна з ручним розвантаженням автотранспорту;
- дозування всієї сировини на замішування тіста вручну, що не лише подовжує тривалість процесу, але й знижує його точність;
- випікання батонів у печах ротаційного типу, що зумовлює потребу ручного укладання тістових заготовок на листи вагонеток і ручного завантаження/вивантаження печей;
- ручне завантаження крихти першого подрібнення на листи для підсушування і їх подальше розвантаження;
- ручне дозування готової крихти у мішки.

Суттєвою вадою наявної на підприємстві апаратурно-технологічної схеми є повна відсутність механізації допоміжних операцій. Це призвело до того, що вручну здійснюються такі постійні технологічні операції, як:

- переміщення тіста від тістомісильної машини до екструдера;
- транспортування крихти першого подрібнення до млинка остаточного подрібнення;
- переміщення подрібненої крихти до калібратора.

Наявність зазначених недоліків зумовлює необхідність великої кількості ручної праці й роботи в нічні зміни, аби задовольнити зростаючий попит на продукцію цеху. Відомо, що підвищення потужності підприємства може здійснюватися двома способами: екстенсивним (коли збільшується кількість виробничих площ, встановлюється більша кількість однотипного обладнання за незмінного рівня ефективності праці) чи інтенсивним (коли зростання потужності забезпечується поліпшенням

форм і методів організації роботи). Світовий досвід свідчить, що саме другий шлях є безумовно перспективнішим. І приклад суміжних галузей виробництва (хлібопекарської, кондитерської, макаронної, харчоконцентратної) переконує, що для інтенсивного нарощування потужності на ринку є всі необхідні засоби та обладнання. На основі вивчення досвіду ряду вітчизняних і зарубіжних підприємств пропонуються такі заходи щодо удосконалення наявної схеми організації виробництва:

- перехід на безтарний спосіб підвезення, перекачування і зберігання борошна за рахунок встановлення тканинних силосів і систем пружинного транспортування борошна типу «спіроматик»;

- автоматичне дозування борошна і встановлення тістомісильної машини з автоматичним вивантаженням тіста;

- використання печі тунельного типу, що дасть змогу механізувати процеси її завантаження/вивантаження і полегшить обслуговування;

- встановлення транспортуючих пристроїв пружинного чи стрічкового типу на більшість допоміжних ділянок.

З урахуванням цих пропозицій розроблена удосконалена схема виробництва спеціально випечених панірувальних сухарів (рис. 2).

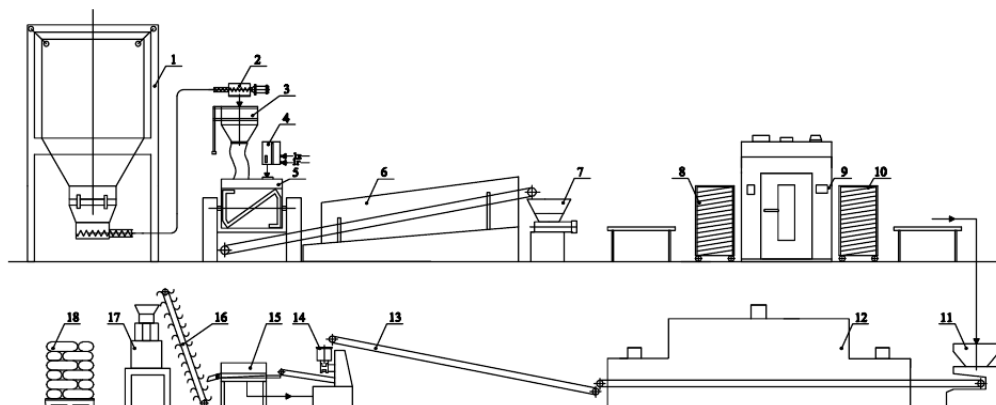


Рис. 2. Апаратурно-технологічна схема виготовлення спеціально випечених панірувальних сухарів: 1 — тканинний силос для зберігання борошна; 2 — пружинна транспортуюча система; 3 — автоматичний дозатор борошна; 4 — водомірний бачок; 5 — тістомісильна машина; 6 — камера для бродіння тіста; 7 — екструдер для формування тістових заготовок; 8 — вагонетка для випікання; 9 — піч ротатійного типу; 10 — вагонетка для охолодження виробів; 11 — подрібнювач; 12 — піч для крихти попереднього подрібнення; 13 — охолоджувальний конвеєр; 14 — млинок для остаточного подрібнення крихти; 15 — калібратор; 16 — ківшовий конвеєр; 17 — пакувальна машина; 18 — мішки з готовою продукцією.

Висновок. Використання запропонованої схеми забезпечить зростання потужності підприємства без необхідності збільшення виробничих площ, водночас зменшивши кількість важкої фізичної праці. Встановлення сучасного транспортуючого обладнання сприятиме суттєвому зменшенню технологічних втрат, підвищивши рентабельність виробництва. А можливість регулювання параметрів процесу на всіх етапах дасть змогу отримувати панірувальні сухарі з прогнозованими і наперед за-

даними характеристиками, що відповідатимуть найвибагливішим запитам споживачів. Зокрема, значно стабілізується крупність як один з визначальних показників якості сухарної крохти (рис. 3).

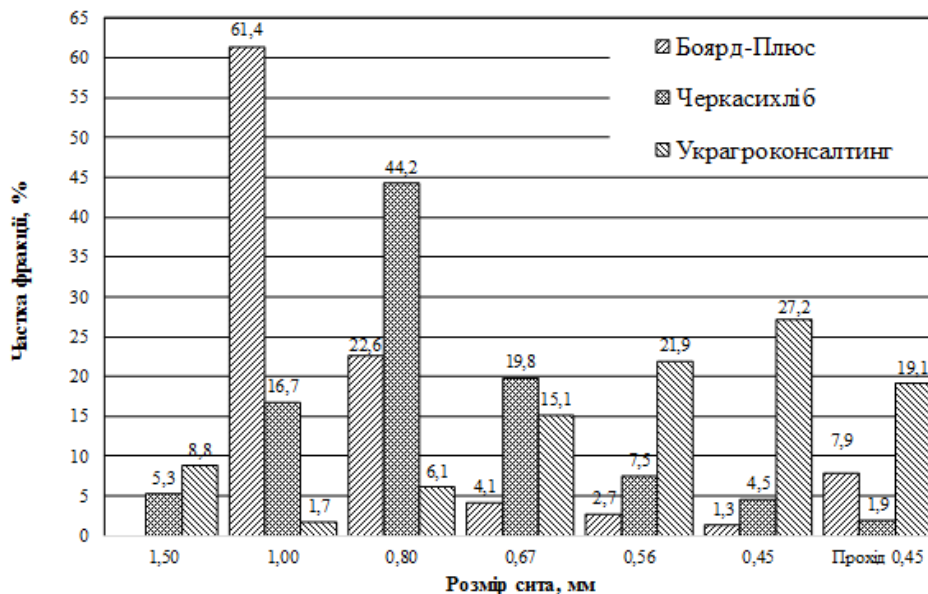


Рис. 3. Крупність (фракційний склад) панірувальних сухарів різних виробників

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондар Н. П. Удосконалення технології м'ясних січених напівфабрикатів з використанням харчових волокон лопину / Н. П. Бондар, Л. О. Шаран, В. О. Губеня, Ю. С. Дитюк // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. — Т. 22, № 5. — С. 214—221.
2. Кишенько І. І. Оцінка впливу речовин кріопротекторної дії на показники якості посічених напівфабрикатів / І. І. Кишенько, О. І. Скочко // Харчова промисловість. — 2017. — № 21. — С. 89—93.
3. Паска М. З. Контроль якості м'ясних функціональних котлет / М. З. Паска, О. Б. Маслійчук // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2018. — Т. 24, № 5. — С. 135—143.
4. Сухарі панірувальні. Загальні технічні умови: ДСТУ 8708:2017. — [Чинний від 2018–01–01]. — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2018. — 14 с.
5. Махинько В. М. Оценка физических свойств крошки для производства сухарных брикетов / В. М. Махинько, Ф. Г. Самбурский, М. Д. Землинская // Научный взгляд в будущее. — Выпуск 7, Том 1. — Одесса: Куприенко С. В., 2017. — С. 68—72.

ОБОСНОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНО ВЫПЕЧЕННЫХ ПАНИРОВОЧНЫХ СУХАРЕЙ

В. Н. Махинько, Л. В. Махинько, И. А. Мельник
 Национальный университет пищевых технологий

Целью работы было выявление «узких мест» производства и разработки мероприятий и предложений по совершенствованию имеющейся аппаратурно-техно-

логической схемы. На конкретном примере установлены основные ограничивающие факторы производства и предложен ряд мер для их преодоления. Показано, что широкое внедрение механизации основных и вспомогательных операций обеспечит не только рост мощности предприятия, но и уменьшит количество тяжелого физического труда, даст возможность отказаться от работы в ночное время. Использование современного оборудования способно также существенно уменьшить технологические потери, повысить рентабельность производства. Использование предложенной схемы является перспективным и может быть внедрено как на крупных предприятиях, так и в цехах небольшой мощности. **Ключевые слова:** панировка, панировочные сухари, хлебная крошка, оборудование, технология, усовершенствование.

УДК 637.5.05/07

THE INFLUENCE OF SLAUGHTER TECHNOLOGY ON THE FORMATION OF FUNCTIONAL INDICATORS OF MEAT

I. Strashynskiy, V. Pasichniy, O. Fursik
National University of Food Technologies

Key words:

functional and technological properties, pork meat, autolysis, stunning, bleeding

Article history:

Received 15.04.2019
Received in revised form 15.05.2020
Accepted 05.06.2020

Corresponding author:
sim2407@ukr.net

ABSTRACT

The various methods of pre-slaughter aging of animals, changes in transportation conditions to the place of slaughter, methods of stunning, etc. are used to reduce the amount of raw materials with signs of deviation from the normal course of autolysis. At present, there is no consensus on the advantages of this or that immobilization method, especially in the case of electro-stunning animal, the solution to this issue is important for the directed influence on the quality of meat. An important issue is the study of stress factors that arise with various parameters and methods of immobilizing animals and affect on the physiological state of the body and the quality of obtained meat.

In this article data of monitoring the quality indicators of pork meat, which is obtained at LLC “Ternopol Meat Processing Plant” are presented and the influence of stunning and bleeding processes on its quality was studied. Determination of pH indicator allowed us to establish that the use of vertical bleeding will partially reduce the possibility of the manifestation of PSE signs in pork meat, since the pH increases by 0.13—0.19 units compared to horizontal bleeding.

Comparing the changes in the indicators of water-binding and water-holding abilities with different stunning methods and the same methods of bleeding, the best influence of the mechanical method should be noted. This is evident from the functional and technological indicators, since the indicators of water-binding and water-holding abilities with the mechanical method of stunning are higher by 12.7—18% (vertical bleeding) and by 19.7—22.4% (horizontal bleeding) compared to the electric method for raw materials 24 hours after slaughter.

It is established that in order to obtain raw materials with higher functional and technological parameters it is advisable to use a vertical method of bleeding in combination with mechanical stunning at the enterprise.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-9

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБОЮ НА ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ М'ЯСА

І. М. Страшинський, канд. техн. наук

В. М. Пасічний, д-р техн. наук

О. П. Фурсік

Національний університет харчових технологій

У статті проведено моніторинг якісних показників м'яса свинини, яку отримують на ТОВ «Тернопільський м'ясокомбінат», та вивчено вплив процесів оглушення і знекровлення на її якість. Визначення показника рН дало змогу встановити, що використання вертикального знекровлення частково зменшує можливість прояву ознак PSE у м'ясі свинини. Порівнюючи зміни показників вологозв'язуючої та вологоутримуючої здатностей при різних способах оглушення і однакових способах знекровлення, слід відмітити ефективніший вплив механічного способу. Показник вологозв'язуючої здатності в середньому збільшується на 16,2%, вологоутримуючої — на 20,2% порівняно з електричним оглушенням через 24 год після забою. Встановлено, що для забезпечення отримання сировини з вищими функціонально-технологічними показниками на підприємстві доцільно використовувати вертикальний спосіб знекровлення у поєднанні з механічним оглушенням.

Ключові слова: функціонально-технологічні властивості, м'ясо свинини, автоліз, оглушення, знекровлення.

Постановка проблеми. На сьогодні питання цілеспрямованого використання сировини з урахуванням характеру автолітичних змін набуває особливого значення, оскільки суттєво зросла частка тварин, які надходять на переробку і в яких після забою в тканинах виявляються значні відхилення від нормального розвитку автолітичних процесів. Дані про кількість м'ясної сировини з нетрадиційними властивостями PSE (бліде, м'яке, водянисте) і DFD (темне, сухе, тверде) — неоднозначні. В окремих регіонах кількість яловичини DFD складає 28—35%, свинини PSE — 40—45%, в країнах Європи, США, Канаді і Австралії цей показник сягає 50% [1]. Для зниження кількості PSE і DFD сировини використовують різні способи передзабійної витримки тварин, зміни умов транспортування до місця забою, способів оглушення тощо.

Однією з найбільш важливих технологічних операцій процесу переробки тварин є оглушення. Оглушення впливає на ступінь знекровлення, і опосередковано — на якість м'яса. Тому процес оглушення не слід розглядати лише з технічного боку. Для оглушення тварин на м'ясокомбінатах використовують електричні, механічні, хімічні способи [2; 3].

На сьогодні відсутня єдина думка про переваги того чи іншого способу знерухомлення, особливо при електрооглушенні тварин, тому вирішення цього питання має важливе значення для спрямованого впливу на якість м'яса. Важливим питанням є вивчення стресових факторів, які виникають при різних параметрах і способах знерухомлення тварин і впливають на фізіологічний стан організму і якість отриманого м'яса. Встановлено, що в перші 24 год після забою тварини автолітичні зміни залежать від способу оглушення. Інтенсивний розпад глікогену протягом перших 12 год після забою відбувається в м'ясі тварин, оглушених електричним стру-

мом, і дуже повільно відбувається в м'ясі тварин, оглушених міорелаксантами дипольаризуючою дії (дітиліном). У м'ясі тварин, оглушених електричним струмом, відбувається швидке розщеплення АТФ і розвиток посмертного задубіння [4].

Електрооглушення підвищує кров'яний тиск і спричинює довільне скорочення мускулатури тварин, яке нагадує судому. Внаслідок цього нерідко у свиней спостерігаються крововиливи в туші, в легенях — у вигляді крапок, підвищення жорсткості м'яса і зниження його стійкості при зберіганні. Дослідження [5; 6] показали, що при електрооглушенні свиней у 6—9% туш виявлено крапкоподібні крововиливи внаслідок значного підвищення кров'яного тиску і розривів капілярів. Вважають, що причиною таких крововиливів при електрооглушенні є збільшення в'язкості і зсідання крові. Крім того, є дані, що при електрооглушенні внаслідок збудження тварини вивільняється більше протромбіну, внаслідок чого настає більш інтенсивне зсідання крові, неповне знекровлення і погіршення товарного вигляду туші [7].

Для оглушення свиней використовують вуглекислий газ концентрацією 80—85% протягом 75 с, параліч свиней продовжується 1—2 хв. Задана концентрація CO₂ підтримується автоматично, при цьому досягають швидкого і якісного знекровлення, кров в органах не накопичується, оскільки м'язи розслаблені, в них відсутні крововиливи.

На противагу послідовно роздільній організації забою при електрооглушенні, розробники систем газового оглушення зрештою запропонували практично ідеальний процес з точки зору безстресового впливу на тварин. По-перше, газові модулі припускають оглушення тварин невеликими партіями по 6—8 свиней: направляти тварин групою в прогін до воріт гондoli набагато легше. Автоматизовані системи напряму свиней виключають людський фактор: жодних електричних палиць. До переваг відноситься великий продуктивний потенціал цього методу оглушення, оскільки за один раз «присипається» кілька голів. Важливою перевагою оглушення CO₂ є і та обставина, що вік і маса забійних тварин не має особливого значення: в гондолі можна легко комбінувати тварин — від свиноматок до поросят. Тривалість ефективного газового оглушення лежить у діапазоні від 45 секунд до 3 хвилин. На жаль, в оглушенні методом CO₂ є і певні недоліки: тільки генетична схильність обраної породи свиней до якоїсь конкретної реакції на вуглекислий газ визначає можливість проведення оглушення газом, що в кожному окремому випадку визначається дослідним шляхом [4].

Знекровлення також є одним із найважливіших технологічних процесів, оскільки від ступеня видалення крові значною мірою залежить товарна та санітарна якість м'яса і стійкість його при зберіганні. Один із головних показників товарного виду туш — колір м'яса. В разі неповного знекровлення м'ясо на розрізі темніє, поверхневі малі судини переповнені кров'ю. При неправильному проведенні процесу знекровлення грудна порожнина заповнюється кров'ю, яка просочує м'язову та жирову тканини лівої і передньої частини. Зачистка цих ділянок приводить до втрати маси туші і зниження її товарного виду. Крім того, туша знекровлюється гірше, а накопичена в грудній порожнині кров погіршує якість субпродуктів.

Ступінь знекровлення туш залежить від таких факторів: технології проведення забою, фізіологічного стану тварини перед забоєм, часу розтину судин після оглушення тварин при знекровленні. Погане знекровлення при дотриманні технології забою — показник того, що у тварини перед забоєм були фізіологічні відхилення. Знекровлення туш погіршується при передзабійних стресах і втомі тварин, оскільки ці стани посилюють приток крові до м'язів, внаслідок чого зменшується кількість

виділення крові. Для більш повного знекровлення і дотримання санітарії використовують установки для збирання харчової крові під вакуумом, що дає змогу збільшити вихід крові на харчові цілі на 5 %, значно покращує якість м'яса [8—10]. У технології існує два способи проведення процесу знекровлення — вертикальне і горизонтальне. Вибір одного з них безпосередньо вплине на якість отриманого м'яса.

Для отримання м'ясної сировини високої якості із відсутністю відхилень у ході автолітичних процесів на виробництві необхідно правильно підібрати і контролювати технологічні процеси обробки, зокрема оглушення і знекровлення.

Мета дослідження полягає у проведенні моніторингу якісних показників м'яса свинини, яку отримують на ТОВ «Тернопільський м'ясокомбінат» та вивченні впливу технологічних факторів на її якість.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження: технологія первинної переробки свиней. Предмет дослідження: м'ясо свинини, отримане після забою тварин на ТОВ «Тернопільський м'ясокомбінат».

Для характеристики якості м'яса після забою залежно від обраних технологічних процесів оглушення та знекровлення провели дослідження показників рН, вологозв'язуючої (ВЗЗ) та вологоутримуючої здатності (ВУЗ) для дослідних зразків м'яса свинини.

Визначення концентрації іонів водню проводили на рН-метрі testo 205 [11].

Межі визначення показника рН від 0 до 14 одиниць, при температурі в діапазоні 0—60°C; крок — 0,01 рН одиниць, 0,1°C; похибка — $\pm 0,02$ рН, $\pm 0,4$ °C.

Метод визначення вологозв'язуючої здатності (ВЗЗ) ґрунтується на виділенні води з 300 мг наважки при 10-хвилинному пресуванні тягарем масою 1 кг. Визначення проводять за розміром плями, що залишається на фільтрувальному папері після сорбції ним виділеної вологи, окреслюючи олівцем контур плями спресованого м'яса.

Розмір вологої плями (зовнішньої) вираховують по різниці між загальною площею плями і площею плями, утвореною м'ясом (продуктом) [12].

Вміст зв'язаної вологи розраховують за формулами:

$$ВЗЗ = (A - 8,4B) \cdot 100 / A, \quad (1)$$

ВЗЗ — вміст зв'язаної вологи, % до загальної вологи;

A — загальний вміст вологи в наважці, мг;

B — площа вологої плями, см².

Вологоутримуючу здатність (ВУЗ) визначали за кількісним вмістом води, що утримується дослідним зразком після термічної обробки [13]:

$$ВУЗ = В - ВВЗ. \quad (2)$$

Вологовиділяючу здатність (ВВЗ) розраховують за формулою:

$$ВВЗ = a \cdot n \cdot m^{-1} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де В — загальна масова частка вологи в наважці, %; a — ціна поділки жироміра; n — число поділок на шкалі жироміра; m — маса наважки, г.

Визначення показника виходу м'яса при термічній обробці здійснювали шляхом варіння на водяній бані протягом 60 хвилин при 80°C. Після закінчення заданого часу зразки виймають з бульйону пінцетом, дають стекти бульйону і використовують для визначення виходу м'яса [14].

Показник виходу розраховували за формулою:

$$\text{Вихід} = m_n / m_d \cdot 100, \%,$$

де m_n — маса м'яса після термічної обробки, г; m_d — маса м'яса до термічної обробки, г.

Результати дослідження. На ТОВ «Тернопільський м'ясокомбінат» застосовують горизонтальне знекровлення. Проте згідно з літературними даними вертикальне знекровлення має ряд переваг перед горизонтальним. По-перше, при вертикальному знекровленні відбувається більший вихід крові, по-друге, туша краще знекровлюється.

У зв'язку з цим було досліджено фактори, які впливають на якість м'яса, такі як способи оглушення і знекровлення. Для дослідження було взято по 20 туш свиней. Отримано дані впливу способів оглушення і знекровлення тварин на рН (рис. 1—5), показники ВЗЗ, ВУЗ та вихід при варінні. Дослідження м'язової тканини проводили через 1 год та 24 год після забою.

Визначення показника рН дало змогу встановити, що як при електричному, так і при механічному оглушенні раціональніше використовувати вертикальне знекровлення. Значення рН при електричному оглушенні і вертикальному знекровленні на 0,19 одиниць вище порівняно із горизонтальним через 24 год після забою і становить 5,68. При механічному оглушенні і вертикальному знекровленні показник рН збільшується на 0,13 одиниць порівняно з горизонтальним через 24 год після забою і становить 5,8. Це дало змогу встановити, що використання вертикального знекровлення частково зменшує можливість прояву ознак PSE в м'ясі свинини. Порівнюючи значення рН для різних способів оглушення при вертикальному знекровленні, доцільно відмітити механічний спосіб, оскільки рН збільшується на 0,12 одиниць порівняно з електричним через 24 год після забою.

До показників, які характеризують якість м'яса після забою і дають змогу встановити відхилення від нормального перебігу процесу автолізу належать показники ВЗЗ і ВУЗ. На рис. 1—4 представлені дані зміни показників ВЗЗ і ВУЗ залежно від способу знекровлення і способу оглушення через 1 год і 24 год після забою.



Рис. 1. Вплив вертикального і горизонтального знекровлення при електричному оглушенні на показник ВЗЗ через 1 год та 24 год після забою

Згідно з діаграмою (рис. 1), показник ВЗЗ вищий на 4,6% при вертикальному знекровленні порівняно з горизонтальним через 24 год після забою. Що ж стосується показника ВЗЗ через 1 год після забою, то отримані значення знаходяться в межах похибки, що свідчать про незначний вплив способу знекровлення на показник ВЗЗ для парного м'яса.

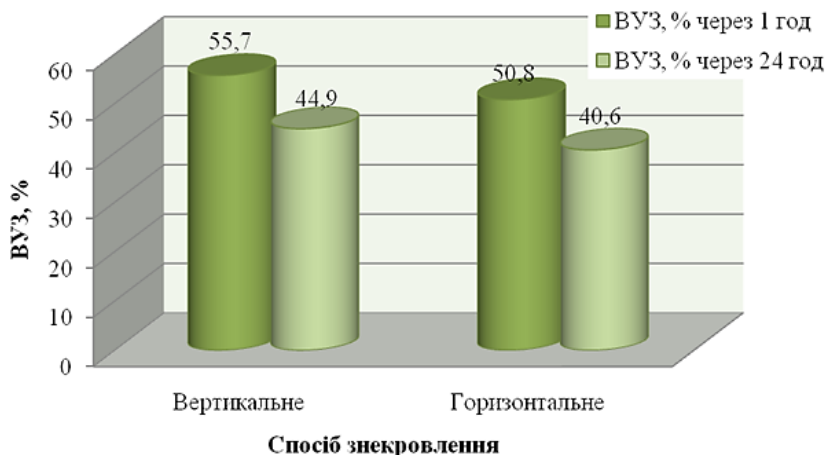


Рис. 2. Вплив вертикального і горизонтального знекровлення при електричному оглушенні на показник ВУЗ через 1 год та 24 год після забою

Аналогічна тенденція спостерігається у зміні показника ВУЗ для м'яса через 1 год і 24 год після забою (рис. 2). При однаковому способі оглушення кращою здатністю утримувати вологу в структурі характеризується м'ясна сировина, отримана при застосуванні вертикального способу знекровлення (показник ВУЗ вищий на 9,6% через 1 год після забою і 10,6% через 24 год після забою) порівняно із горизонтальним. Отримані дані обумовленні кращим ступенем знекровлення м'ясної туші, що позначається на перебігу процесів автолізу і, у свою чергу, формує якісні характеристики на різних етапах процесу.

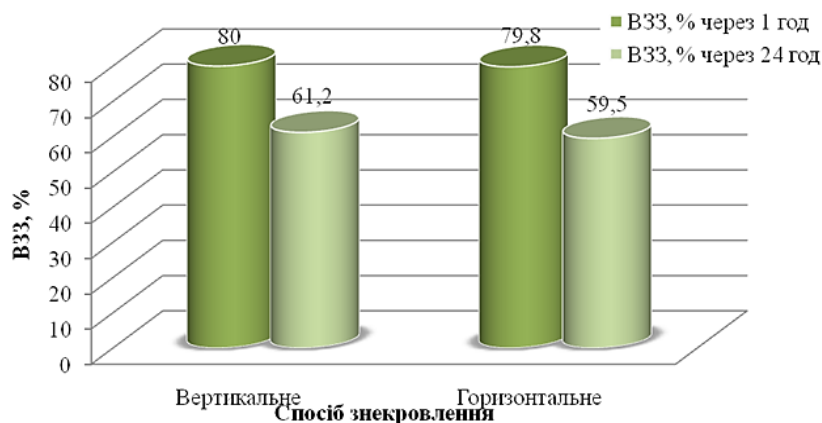


Рис. 3. Вплив вертикального і горизонтального знекровлення при механічному оглушенні на ВЗЗ через 1 год та 24 год після забою

З діаграми (рис. 2) видно, що показник ВЗЗ вищий на 1,7% при вертикальному знекровленні порівняно з горизонтальним через 24 год після забою. Що ж стосується показника ВУЗ через 1 год після, то отриманні значення знаходяться на однаковому рівні, що свідчать про незначний вплив способу знекровлення на показник ВУЗ для парного м'яса.

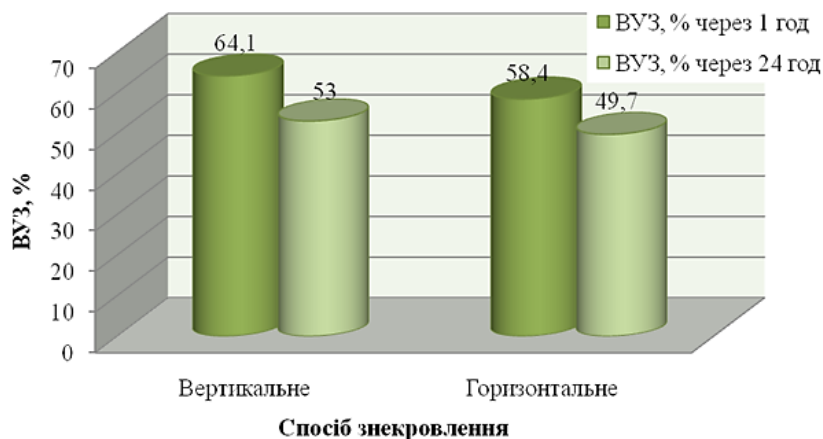


Рис. 4. Вплив вертикального і горизонтального знекровлення при механічному оглушенні на ВУЗ через 1 год та 24 год після забою

Аналогічно попереднім даним при однаковому способі оглушення кращою здатністю утримувати вологу в структурі характеризується м'ясна сировина, отримана при застосуванні вертикального способу знекровлення (показник ВУЗ вищий на 9,7% через 1 год після забою і 6,6% через 24 год після забою) порівняно з горизонтальним.

Порівнюючи дані зміни показників ВЗЗ і ВУЗ при різних способах оглушення і однакових знекровлення, слід відмітити позитивний вплив механічного способу. Це видно із функціонально-технологічних показників. Так, показник ВЗЗ при механічному способі оглушення вищий на 12,7% (вертикальне знекровлення) та на 19,7% (горизонтальне знекровлення) порівняно з електричним способом для сировини через 24 год після забою. Що ж стосується цього показника для м'яса через 1 год після забою, то він не значно змінився залежно від способу оглушення (при однаковому знекровленні). Показник ВУЗ при механічному способі оглушення вищий на 18% (вертикальне знекровлення) і на 22,4% (горизонтальне знекровлення) для сировини через 24 год після забою та на 15,1% (вертикальне знекровлення) і на 15% (горизонтальне знекровлення) для сировини через 1 год після забою порівняно з електричним способом. Отримані дані дають змогу встановити, що для забезпечення отримання сировини із вищими функціонально-технологічними показниками доцільно на підприємстві використовувати вертикальний спосіб знекровлення у поєднанні з механічним оглушенням.

Залежно від здатності м'яса утримувати вологу в своїй структурі змінюються показники виходу м'яса після варіння, що безпосередньо вплине на втрати при виробництві м'ясної продукції. На рис. 5 графічно наведені дані зміни виходу м'яса при варінні залежно від способів оглушення і знекровлення тварини при забої.

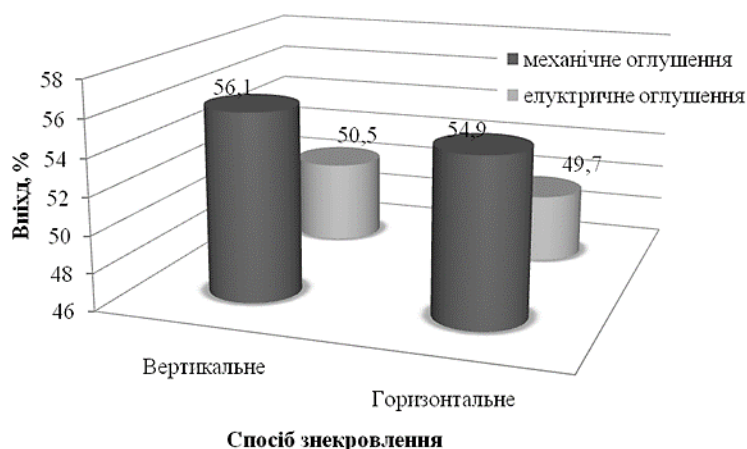


Рис. 5. Вплив вертикального і горизонтального знекровлення при механічному та електричному оглушенні на вихід при варінні

При механічному оглушенні і вертикальному знекровленні вихід при варінні більший на 0,8%, ніж при механічному оглушенні та горизонтальному знекровленні. За рахунок вертикального знекровлення при електричному оглушенні вихід при варінні збільшується на 2,2%, ніж при горизонтальному знекровленні.

Отримані дані підтверджують переваги механічного способу оглушення в поєднанні з вертикальним знекровленням. Ці результати пов'язані з тим, що при механічному оглушенні вдається уникнути переломів кісток скелета і крововиливів у тканини і внутрішні органи. У результаті цього якість м'яса поліпшується порівняно з м'ясом, отриманим від тварин, що оглушені електричним струмом. Проте механічний процес оглушення є трудомістким, потребує високої кваліфікації працівників, небезпечний та в основному використовується на підприємствах невеликої потужності. Спираючись на літературний огляд та поступове збільшення продуктивності цеху забою свиней на ТОВ «Тернопільський м'ясокомбінат» доцільним є встановлення обладнання для газового оглушення. Адже він поєднує в собі переваги механічного і електричного способів і це забезпечить, поряд із відсутністю переломів кісток і крововиливів у м'язову тканину, порівняно нижчу трудомісткість і складність процесу та високі показники знекровлення і якості отриманої сировини.

Висновок. Підсумовуючи отримані результати досліджень впливу технологічних факторів на якість м'яса робимо висновок, що при механічному оглушенні і вертикальному знекровленні збільшуються показники рН в середньому на 0,15 одиниць, ВЗЗ — в середньому на 16,2%, ВУЗ — на 20,2% та зменшуються втрати при варінні в середньому на 10,8% порівняно з електричним оглушенням. Отже, для підвищення функціонально-технологічних показників краще використовувати механічне оглушення та вертикальне знекровлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бірта Г. О. Товарознавчі аспекти м'яса свинини / Г. О. Бірта, Ю. Г. Бургу, Л. В. Флока // Збірник наукових праць Подільського державного аграрного університету. — 2012. — №20. — С. 20-23.
2. Яремчук В. Анализ рисков при убое и переработке скота / В. П. Яремчук, В. И. Родин // Мясные технологии. — 2013. — № 11. — С. 24—28.

3. Зимин М. Убой и переработка: от теории к практике / М. И. Зимин // Мясные технологии. — 2011. — № 4. — С. 34—35.
4. Carlin K. R. M. Effect of oxidation, pH and ionic strength on calpastatin inhibition of calpain / K. R. M. Carlin, E. Huff-Lonergan, L. J. Rowe, S. M. Lonergan // Journal of Animal Science. — 2006. — № 84. — P. 925—937.
5. Barbut S. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat / S. Barbut, A. A. Sosnicki, S. M. Lonergan, T. Knapp, D. C. Ciobanu, L. J. Gatcliffe, E. Huff-Lonergan, E. W. Wilson // Meat Science. — 2008. — №79. — P. 46—63.
6. Bidner B. Effect of ultimate pH on the quality characteristics of pork / B. Bidner, M. Ellis, M. S. Brewer, D. Campion, E. R. Wilson, F. K. McKeith // Journal of Muscle Foods. — 2004. — №15. — P. 139—154.
7. Ремізова Ю. О. Вади м'яса свинини за дії прижиттєвого технологічного температурного стресу / Ю. О. Ремізова // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. — 2016. — №4.
8. Страшинський І. М. Якість свинини, що переробляє ТОВ «Тернопільський м'ясокомбінат» / І. М. Страшинський, О. П. Фурсік, Р. О. Ришканич та ін. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. — Харків: ХДУХТ, 2019. — Вип. 1 (29). — С. 199—214.
9. Штибинг А. Факторы, влияющие на сенсорику свежего мяса / А. Штибинг, М. Упманн, Б. Шмит, Г. Тумель // Мясные технологии. — 2012. — №12. — С. 42—44.
10. Фейнер Г. Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации / Г. Фейнер. — Пер. с англ. Н. В. Магды, науч. ред. проф., чл.-кор. Международной академии информатизации при ООН В. Г. Поселков, к. т.н. Т. И. Проселкова. — СПб: Профессия, 2010. — 720 с.
11. ДСТУ ISO 2917:2001 М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення рН.
12. Жаринов А. И. Формы связи влаги в мясе и мясных продуктах / А. И. Жаринов, Н. А. Соколова // Вестник. Аромарос-М. — 2004. — №4. — С. 37—47.
13. Антипова Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов — М.: Колос, 2001. — 570с.
14. Кишенько І. І. Технологія М'яса і М'ясопродуктів / І. І. Кишенько, В. М. Старцова, Г. І. Гончаров // Практикум: навч. посіб. — НУХТ: Київ. — 2010. — 367с.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УБОЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЯСА

И. М. Страшинский, В. Н. Пасичный, О. П. Фурсик
Национальный университет пищевых технологий

В статье представлены данные мониторинга качественных показателей мяса свинины, которую получают на ООО «Тернопольский мясокомбинат», и изучено влияние процессов огушения и обескровливания на ее качество. Определение показателя рН позволило установить, что использование вертикального обескровливания позволит частично уменьшить возможность проявления признаков PSE в мясе свинины. Сравнивая изменения показателей влагосвязывающей и влагоудерживающей способностей при различных способах огушения и одинаковых способах обескровливания следует отметить лучшее влияние механического способа. Установлено, что для получения сырья с высоким функционально-технологическими показателям, на предприятии целесообразно использовать вертикальный способ обескровливания в сочетании с механическим огушением.

Ключевые слова: функционально-технологические свойства, мясо свинины, автолиз, огушение, обескровливание.

УДК 637.146:67:613.2

RATIONALE OF THE COMPOSITION AND DEVELOPMENT OF DESSERT ENZYMED PRODUCTS TECHNOLOGIES OF FUNCTIONAL PURPOSE WITH THE USE OF PLANT FILLERS

A. Solomon

Vinnytsia National Agrarian University

T. Semko

Vinnytsia Trade and Economic Institute of Kyiv National University of Trade and Economics

H. Nozhechkina-Eroshenko

Poltava State Agrarian Academy

ABSTRACT

Key words:
bifidobacteria,
lactobacilli,
growth promoters,
stabilizers,
plant fillers,
biological value

Article history:
Received 07.02.2020
Received in revised form
14.06.2020
Accepted 30.06.2020

Corresponding author:
semko1965@ukr.net

The fermented soul-milk dessert products of functional orientation acquire in Ukraine of all greater popularity. The fermented dairies are the basic suppliers of microorganisms of probiotic, that assist support and proceeding in microbial ecology of man. To the cultures of probiotic, that provide an useful effect on the organism of consumer and normalize composition and functions of microflora of gastrointestinal tract, such types of лакто- belong and bifidobacterium, as *Lactobacillus* of *acidophilus*, *Lactobacillus* of *casei*, *Bifidobacterium* of *spp.* (*B. of adolescentis*, *B. animalis ssp. lactis*, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. breve*). Bifidobacterium — one of the most essential groups of microorganisms to the bowels, that prevail in the anaerobic flora of colon. It should be noted that for most microorganisms that are the representatives of normal microflora of intestinal highway of human, milk is an unfavorable environment for their development.

The article investigates and substantiates the composition of pro- and prebiotics, the influence of the bifidostimulant component and the stabilizing system on the quality indices of fermented dessert products, and the technologies of dairy desserts based on the consortium of bifidobacteria and lactobacilli. Since milk is an unfavorable environment for the development of most microorganisms — representatives of the normal bacterial flora of the gastrointestinal tract of man and does not contain the low molecular weight compounds required for the development of microorganisms, and most bacteria of the genus *Lactobacillus*, *Lactococcus* and *Bifidobacterium* are related to in milk oxygen, they develop very slowly in milk. The conducted researches have allowed to develop recipes and technologies of production of fermented desserts on milk and milk-grain basis, with the use of bifidobacteria and lactobacilli, as well as bifidostimulants, structure-forming agents and fruit-berry fillers, which retain high biological value, 15 flavors and aromatic texture.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-10

ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ І РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДЕСЕРТНИХ ФЕРМЕНТОВАНИХ ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННИХ НАПОВНЮВАЧІВ

А. М. Соломон, канд. техн. наук

Вінницький національний аграрний університет

Т. В. Семко, канд. техн. наук

Вінницький торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету

Г. М. Ножечкіна-Срошенко, канд. техн. наук

Полтавська державна аграрна академія

У статті науково досліджено й обґрунтовано склад про- і пребіотиків, вплив біфідо-стимулюючої складової і стабілізуючої системи на показники якості ферментованих десертних продуктів, розроблено технології кисломолочних десертів на основі консорціуму біфідо- і лактобактерій. Проведені дослідження дали змогу розробити рецептури й технології виробництва ферментованих десертів на молочній і молочно-борошняній основі з використанням біфідобактерій та лактобактерій, а також біфідостимуляторів, структуроутворювачів і фруктових-ягідних наповнювачів, які зберігають високу біологічну цінність, ніжну текстуру, смак та аромат протягом 15 днів.

Ключові слова: біфідобактерії, лактобактерії, стимулятори росту, стабілізатори, рослинні наповнювачі, біологічна цінність.

Постановка проблеми. Ферментовані молочні продукти є основними постачальниками пробіотичних мікроорганізмів, які сприяють відновленню мікрофлори шлунково-кишкового тракту людини. Всі види біфідобактерій і окремі види лактобактерій, такі як *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* subsp. *casei*, *Bifidobacterium* spp. (*B. adolescentis*, *B. animalis*, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. breve*) та інші належать до пробіотичних культур, які позитивно впливають на споживача і нормалізують склад та функції бактеріальної флори шлунково-кишкового тракту.

Біфідобактерії — одна з основних груп мікроорганізмів, що домінують в анаеробній флорі кишківника. Міжнародна молочна федерація вважає, що біобазова продукція — це сполуки, що містять щонайменше $1 \cdot 10^7$ біфідобактерій в 1 см^3 [3; 4].

Для створення молочних десертних ферментованих продуктів функціонального призначення, які здатні підтримати і відновити мікробну екологію людини, забезпечити активацію життєво важливих функцій організму, підвищити опір агресивним умовам навколишнього середовища, необхідно дослідити фактори, визначити вплив стабілізуючої системи на реологічні властивості десертних ферментованих продуктів з синбіотичними властивостями на основі про- і пребіотиків, що дасть змогу надати десертним продуктам функціональної спрямованості.

Створення симбіотичних функціональних продуктів з використанням пребіотиків — інгредієнтів природного походження, які здатні стимулювати розвиток пробіотичних культур, відноситься до перспективних напрямків розширення асортименту функціональних продуктів харчування.

Для створення функціональних ферментованих продуктів необхідно визначити склад вискоєфективних культур мікроорганізмів, які поряд з високою продуктивністю володіють високою та різноманітною біохімічною активністю. Правильний вибір біологічно активних штамів біфідо- та лактокультур для виробництва ферментованих молочних продуктів дасть змогу отримати якість, що відповідає вимогам нормативних документів за органолептичними і фізико-хімічними показниками.

Експертами встановлено можливість комбінованого використання біфідобактерій і лактобактерій. Визначено, що значна кількість молочної кислоти, яка утворюється у процесі життєдіяльності стрептококів і бацил, стимулює ріст *bifidobacterim*-флори у молоці, сприяє збільшенню кількості активних клітин та інтенсивному накопиченню продуктів метаболізму [8].

Біфідобактерії регулюють якісний і кількісний склад нормальної мікрофлори кишківника, перешкоджають росту і запобігають розмноженню патогенної, гнильної та аерогенної флори, відновлюють пошкоджену структуру слизової оболонки кишківника. Разом з іншими представниками нормальної кишкової флори, біфідобактерії беруть участь у перетравлюванні і всмоктуванні поживних елементів, синтезі вітамінів групи В, вітаміну D, фолієвої та ніотинової кислот, сприяють синтезу незамінних амінокислот, кращому поглинанню вітаміну D і кальцію, підвищенню функції організму до захисту — імунітету, стимулюють активність лізоциму та синтез антитіл [9].

Створення синбіотиків (комплекс про- і пребіотиків) та виготовлення на їх основі продуктів харчування є ефективним способом нормалізації кишкової бактеріальної флори і стимулює розвиток власної кишкової бактеріальної флори та підвищення захисних функцій кишківника.

Ферментовані молочні десерти функціонального призначення дуже популярні в Україні. У процесі їх виробництва використовується широкий асортимент ароматизаторів і стабілізаторів, які покращують смак і запах продукту, регулюють процеси структуроутворення.

Розробка технологій десертів на основі молочної сировини з використанням фруктових та овочевих наповнювачів, які збагачують продукти вітамінами, мінералами, поліфенолами, дає змогу значно підвищити біологічну цінність і розширити асортимент функціональних десертних продуктів. Як наповнювачі використовують різноманітні фруктові та ягідні соки, пюре, сиропи, натуральні фрукти та ягоди у замороженому вигляді або у вигляді цукатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Лактококи та стрептококи характеризуються високим ступенем утворення кислот, але лактобацили *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* і *Lactobacillus acidophilus* перевищують інші молочнокислі бактерії за рівнем кислотоутворення. На думку вчених, штами молочнокислих стрептококів *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* виробляють переважно L(+)-молочну кислоту, яка фізіологічно важлива для організму людини. *Lactobacillus acidophilus* інгібують шкідливу бактеріальну флору (сальмонелу, стафілококи тощо) завдяки здатності продукувати антибіотики лактоцидину та ацидофілу, які посилюються при контакті з молочною кислотою [8; 15].

Метою статті є наукове обґрунтування складу заквашувальних препаратів і розроблення технологій кисломолочних десертних продуктів функціонального призначення, збагачених біологічно активними речовинами рослинного походження.

Матеріали і методи. Використано штами лактобактерій *S. Thermophilus* СТ-14, *Lactobacillus acidophilus*, а також найбільш поширені штами біфідобактерій, притаманні організму людини, — *Bifidobacterium bifidum* 791, *Bifidobacterium longum* subsp. *longum* В 379 М, *Bifidobacterium adolescentis* В-1.

Дослідження біохімічних, фізико-хімічних і органолептичних показників кисломолочних ферментованих продуктів здійснювали загальноприйнятими методами аналізу. Використані методи викладені у відповідних стандартах і керівних документах з технохімічного, мікробіологічного контролю виробництва молока і молочних продуктів. Усі отримані результати досліджень обробляли методами математичної статистики.

У результаті проведених досліджень виявлено, що підібрані штами біфідобактерій у процесі розвитку є стійкими до високих концентрацій жовчі, фенолу, вони розмножуються в середовищі низького та високого рН, не утворюють каталази та сірководню, не відновлюють нітрати та нітрити і не розчиняють желатин [19].

Консорціум підібраних біфідобактерій у співвідношенні 1:1:1 оцінювали за резистентністю в умовах, близьких до середовища шлунку (НСІ, рН 2—3) протягом 5 год, і в умовах, близьких до зберігання готових молочних десертів (рН 3—4), протягом 24 годин.

Результати і обговорення. При контакті із соляною кислотою при рН 3 кількість життєздатних клітин біфідобактерії консорціуму зменшилась на 5,2%, при рН 2 на — 9,8%. Під час зберігання молочних продуктів у контакті з молочною кислотою при рН 4 кількість життєздатних клітин біфідобактерій була знижена на 3,4%, при рН 3 на — 6,2%. На підставі експериментальних даних можемо побачити, що збереження активності біфідобактерій при проходженні через шлунково-кишковий тракт надає можливість прогнозувати виживання біфідобактерій у складі ферментованого молочного десерту під час зберігання готової продукції до експериментального кінцевого терміну.

Досліджено зміну технологічних властивостей консорціуму пристосованих лакто- та біфідобактерій та їх складу протягом 6 год зберігання (табл. 1).

Таблиця 1. Технологічні властивості композицій мікроорганізмів

Композиції мікроорганізмів	Активна кислотність (рН)	Енергія кислотоутворення при бродінні, °Т	Кількість життєздатних клітин у згустку, Lg CFU / см ³	
			бактерії	лактобактерії
Консорціум лактобацил (<i>L. acidophilus</i> + Str. <i>thermophilus</i>) (1:1)	4,5±0,2	73±0,5	—	7,2±0,2
Консорціум біфідобактерій (<i>B. bifidum</i> + <i>B. longum</i> + <i>B. adolescentis</i>) (1:1:1)	4,7±0,2	66±0,3	8,9±0,2	—
Композиція (консорціум біфідобактерій та консорціум лактобактерій) (2:1)	4,6±0,2	69±0,5	9,5±0,3	8,0±0,2

Встановлено, що при використанні композиції консорціумів лакто- і біфідобактерій, енергія кислотоутворення, порівняно із консорціумом біфідобактерій, зростає. Але порівняно з консорціумом лактобактерій зменшується, що є сприятливим явищем для росту біфідобактерій.

Важливою характеристикою штамів пробіотичних бактерій, які використовуються при виробництві функціональних продуктів, є антагоністична дія щодо патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. В умовах *in vitro* досліджено антагоністичну активність консорціумів штамів біфідо- і лактобактерій та композиції.

У процесі розвитку біфідобактерій важливу роль відіграють поживні речовини, які накопичуються в результаті життєдіяльності штамів молочнокислих бактерій, збільшуючи кількість життєздатних колонієутворюючих клітин біфідобактерій.

Ми використовували біфідобактерії-пробіотики і стимулятори росту та розвитку — фруктозу, лактулозу, концентрат артишоку, як джерело інуліну, а також пектин, желатин, крохмаль, крупи, рис та вівсяну муку як стабілізуючі системи.

Під час ферментації стерилізованого знежиреного молока консорціум біфідобактерій протягом 6 год активізували, змішуючи з такими біфідостимуляторами: фруктозою до досягнення рН — 4,64; лактулозою до рН — 4,6; інуліном до рН — 4,5; без стимуляторів для біфідобактерій значення рН складало 4,7, в той час як титрована кислотність становила, відповідно, 68°Т, 72°Т, 74°Т і 52°Т.

Лактулоза є найбільш дослідженим пребіотиком у світі. Відмінність лактулози від інших цукрів полягає в тому, що вона не перетравлюється у верхньому відділку шлунково-кишкового тракту, а надходить у товсту кишку в незмінному вигляді, де слугує стимулятором росту і розвитку власної біфідо-флори «господаря». В той же час лактулоза не слугує субстратом для патогенної мікрофлори, зокрема кишкової палички і сальмонели [20; 21].

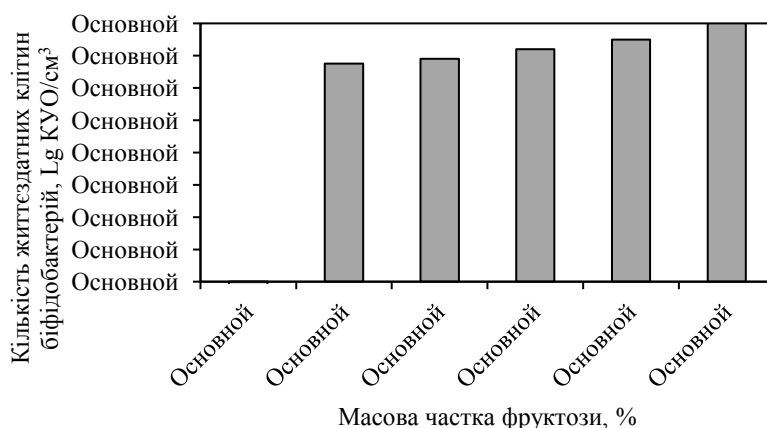


Рис. 1. Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій у кисломолочних згустках від масової частки фруктози:

1 — 0,1%; 2 — 0,2%; 3 — 0,3%; 4 — 0,4%; 5 — 0,5%

Клінічними дослідженнями доведено, що лактулоза може бути рекомендована як пребіотична добавка при виготовленні ферментованих кисломолочних продуктів функціональної спрямованості при захворюваннях шлунково-кишкового тракту. Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій в отриманих згустках від масової частки інуліну, як біфібостимулюючого фактора, наведена на рис. 2.

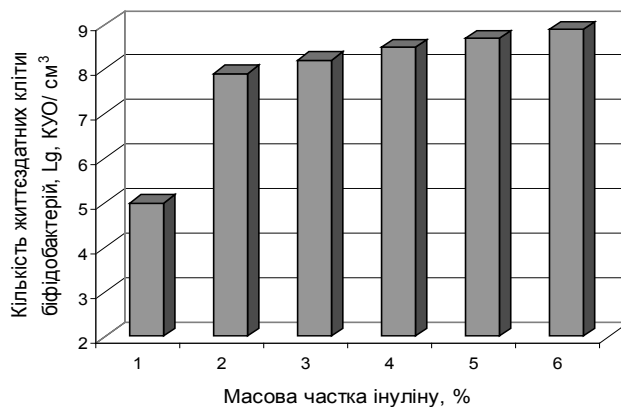


Рис. 2. Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій у кисломолочних згустках від масової частки інуліну: 1 — контроль; 2 — 0,1%; 3 — 0,2%; 4 — 0,3%; 5 — 0,4%; 6 — 0,5%

При використанні як біфідостимулятора інуліну відбувається значне зростання кількості життєздатних клітин біфідобактерій, що можна пояснити хімічним складом концентрату топінамбура, вуглеводи якого представлені інуліном, фруктозою і її похідними. Крім того, до складу концентрату топінамбура входять повноцінні білки, вітаміни, мінеральні речовини, пектини, які теж сприяють покращенню росту і розвитку біфідобактерій. Тож представлені результати з дослідження дії обраних біфідостимуляторів свідчать, що добавки фруктози, лактулози та інуліну навіть у кількості 0,1% здатні забезпечити пробіотичний ефект, стимулювати ріст і розвиток біфідобактерій у знежиреному стерилізованому молоці в кількості значно вищій, ніж $1 \cdot 10^6$ КУО/см³.

На думку фахівців, лактулоза і лактоза гідролізуються до моноцукрів, які виконують роль енергетичного матеріалу для розвитку біфідобактерій. Збродження моноцукрів відбувається фруктозо-глюкозним шляхом, тому передусім зброджується фруктоза, а глюкоза й галактоза ізомеризуються у фруктозу і також зброджуються до молочної й оцтової кислот [23; 24].

Як показали дослідження, при використанні біфідостимуляторів продукт набував більш низького значення активної кислотності і підвищеного значення титрованої кислотності, що пояснюється збільшенням активності біфідобактерій і утворенням оцтової кислоти, яка є досить сильним електролітом.

Для визначення раціональної концентрації сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) використовували сухе знежирене молоко (NFDМ), як молочну знежирену основу (MSNF) продуктів. Підвищення вмісту СЗМЗ сприяє збільшенню кількості контактів між казеїновими міцелами під час коагуляції на одиницю об'єму дисперсійного середовища і призводить до їх інтенсивної взаємодії в процесі утворення згустку, збільшення в'язкості продукту та покращення його консистенції. Підвищення концентрації MSNF у поживному середовищі суттєво стимулює ріст і

розвиток біфідобактерій за рахунок збільшення вмісту амінокислот [10]. Це, у свою чергу, підвищує титр біфідобактерій і збільшує казеїнат-кальцій-фосфатний комплекс (ККФК) у молочній основі — утворює буферну систему, яка пригнічує наростання кислотності при збільшенні біомаси біфідобактерій. У ролі стабілізаторів молочної структури десертів використовували пектин, желатин, крохмаль, вівсяне та рисове борошно.

Важливу складовою будь-якого продукту виступають смакові наповнювачі, які не тільки формують органолептичні властивості, але й збагачують продукти біологічно-активними інгредієнтами — вітамінами, мінеральними речовинами, поліфенолами, підвищують опір організму несприятливим умовам навколишнього середовища.

Рецептуру десертних ферментованих продуктів функціональної спрямованості з масовою часткою жиру 2,5% наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Рецептури десертних ферментованих продуктів на молочній основі

Сировина	Масова частка сировини, кг
Молоко знежирене Ж = 0,05%	709,0
Молоко сухе знежирене Ж = 1%	61,8
Вершки Ж = 35%	34,4
Фруктоза	50,0
Крохмаль желеподібний	40,0
Желатин	10,0
Сироп «Лактусан»	20,0
Пектин яблучний	3,0
Ванілін	0,1
Натрій лимоннокислий	1,2
Закваска	50,0
Сік плодово-ягідний	20,5
Всього:	1000,0

Пектин активізує розвиток біфідобактерій, розмноження і вирощування нормальної бактеріальної флори шлунково-кишкового тракту і має детоксикаційні та радіозахисні властивості [10]. У контакті з пектином кількість життєздатних клітин біфідобактерій протягом 24 год збільшується з $1 \cdot 10^4$ КУО/см³ до $2,5 \cdot 10^8$ КУО/см³ порівняно з контролем, у якому кількість біфідобактерій збільшується з $1 \cdot 10^4$ КОЕ/см³ до $1 \cdot 2 \cdot 10^7$ КУО/см³.

Желатин як білкова речовина в кислому середовищі створює позитивний ефект; він зв'язує вологу і утворює твердий гель при низькому рН. Здатність желатину зв'язувати вільну вологу й утворювати щільні згустки та гелі шляхом формування тривимірної сітчастої структури має важливе значення у молочній промисловості, оскільки знижує ризик синерезису у виготовлених продуктах. У результаті збільшується термін придатності, зменшується собівартість і покращується якість готового продукту.

Крохмаль є нейтральним полісахаридом і служить як структурним зв'язуючим агентом, так і стабілізатором отриманих структур. Крохмаль підвищує вологоутримуючу здатність молочної основи, але це впливає на здатність біфідобактерій до кислотоутворення. Так, у контрольному зразку без крохмалю титрована кислотність становить майже 88°Т, а у зразках із вмістом крохмалю 5,0% — титрована кислотність менше 76°Т.

Можемо вважати, що крохмаль є нейтральним гідроколоїдом і безпосередньо не впливає на процес бродиння, але зв'язує вологу і підвищує в'язкість, що перешкоджає розвитку мікрофлори та уповільнює процес бродиння. Встановлено, що

використання стабілізаторів у раціональній кількості (пектину — 0,3%, желатину — 3%, крохмалю — 4%) надає можливість отримати структуру, властиву кисломолочним продуктам, забезпечити необхідну вологу та в'язкість, збільшити кількість життєздатних клітин біфідобактерій і запобігти агрегації молочного білка при використанні фруктових та ягідних наповнювачів.

У ролі стабілізаторів використовували вівсяне і рисове борошно, призначене для дитячого харчування, без ферментативної ліпази. Рисове борошно відрізняється від вівсяного борошна підвищеним вмістом крохмалю, мінералами і меншим вмістом білків та жирів. Крохмальне рисове борошно добре набухає, його об'єм збільшується в 5—7 разів порівняно з вівсяним борошном, об'єм якого збільшується лише в 4,5 раза. Для дослідів використовували суміш рисового борошна та вівсяного у співвідношенні 1:1. Вівсяне борошно збагачує суміш білками та жирами, а рисовий борошняний крохмаль забезпечує високу вологопоглинальну здатність.

Вищевказана двокомпонентна стабілізуюча система дає змогу отримати гель з ніжною однорідною консистенцією і глянцевою поверхнею, типовою для молочних десертних продуктів, таких як пасти та пудинги. Після 18 год бродіння титрована кислотність контрольних зразків становить 82°Т, активна кислотність — рН 4,5. У тестових зразках титрована кислотність становить, відповідно, 88°Т і рН 4,4. Згусток починає утворюватися після 12 год бродіння, коли титрована кислотність у контрольних та експериментальних зразках дорівнює, відповідно, 72°Т і 76°Т, а активна кислотність — рН 4,7 і рН 4,6 відповідно. Суміш з вівсяної та рисової муки стимулює ріст і проліферацію біфідобактерій, збільшуючи кількість життєздатних клітин під час бродіння від $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^9$ КУО/см³.

Встановлено, що для пастеризації молочної основи, нормалізованої за білком і жиром, доцільно використовувати режим (90±2)°С з витримкою 2 хвилини. З огляду на те, що молочна основа і суміш вівсяного та рисового борошна можуть бути засіяні спорами шкідливих мікроорганізмів, температуру пастеризації встановлювали (95±2)°С з витримкою 5 хвилин.

У виробництві молочних десертів на основі знежиреного і нормалізованого молока ми додавали в суміш підготовлені стимулятори росту біфідобактерій і стабілізатори структури у встановленій раціональній кількості.

Закінчення процесу ферментації визначали за показниками титрованої і активної кислотності. В охолодженому до (4±2)°С продукті визначали вплив використаних біфідостимуляторів і стабілізаторів на розвиток пробіотиків, титровану, активну кислотність та фізико-хімічні властивості.

Процес гелеутворення починається на третій і майже закінчується на п'ятій годині процесу ферментації. Тривалість lag- фази при ферментації десертних продуктів з гелеподібною структурою становить 1 год, що свідчить про правильно визначений склад і кількість використаних біфідостимуляторів. Найбільш різке підвищення титрованої і зниження активної кислотності відбувається з третьої по п'яту годину ферментації.

Титрована кислотність дослідних зразків через 6 год ферментації становить 72°Т, контрольних — 85°Т, активна кислотність, відповідно, — 4,7 і 4,5. Кількість життєздатних клітин біфідобактерій у кисломолочних згустках після 6 год ферментації збільшується з $1 \cdot 10^4$ КУО/см³ до $2,5 \cdot 10^{10}$ КУО/см³ порівняно з контролем, в якому кількість біфідобактерій зростає до $2 \cdot 10^8$ КУО/см³.

В'язкість продуктів визначали за допомогою віскозиметра «Reotest-2» (градієнт швидкості зсуву $D\dot{\gamma}=0,3333$ с⁻¹). Встановлено, що процес структуроутворення при ферментації десертного продукту на молочній основі майже закінчується при досягненні в'язкості $1,65 \cdot 10^2$ Па·с.

Важливою складовою будь-якого продукту виступають смакові наповнювачі, які не тільки формують органолептичні властивості, але й збагачують продукти біологічно-активними інгредієнтами — вітамінами, мінеральними речовинами, поліфенолами, підвищують опір організму несприятливим умовам навколишнього середовища. Як збагачувачі найчастіше використовують плодово-ягідні соки або сиропи, які рівномірно розподіляються по всьому об'єму продукту. При виготовленні кисломолочних продуктів функціональної спрямованості доцільно використовувати тільки соки прямого віджиму з вітамінів, поліфенолів, мінеральних речовин тощо.

Складність використання плодово-ягідних збагачувачів пов'язана з тим, що внесення добавок до процесу заквашування може порушити процес ферментації молочної основи, змінити колір, смак і реологічні властивості готової продукції, що позначається на тривалості зберігання готової продукції. Експериментально доведено, що виробництво десертних ферментованих продуктів доцільно проводити термостатним способом, а плодово-ягідні збагачувачі краще вносити після заквашування під час процесу перемішування.

При додаванні фруктових та ягідних наповнювачів потрібно враховувати, що вони мають низьку кислотність, тому може відбуватися ущільнення тривимірної структурної сітки білкового гелю, порушення структури солодких ферментованих продуктів і виникнення синерезису.

Результати досліджень основних показників якості ферментованих десертів з фруктовими наповнювачами відразу після охолодження до температури зберігання $(3\pm 1)^\circ\text{C}$ наведено в табл. 3.

Процес сквашування експериментальних зразків триває 5—6 годин. Отримані згустки симбіотичних продуктів щільні, текстура однорідна, ніжна, желатиноподібна та помірно в'язка. Смак чистий, приємний, із запахом фруктових наповнювачів.

Результати експериментальних досліджень стали основою для розроблення нових технологій кисломолочних десертів функціонального призначення.

Було проведено дослідження змін кількості життєздатних біфідобактерій під час зберігання готового продукту протягом 25 днів при температурі $(4\pm 2)^\circ\text{C}$. Встановлено, що протягом перших 10 днів кількість життєздатних біфідобактерій практично не змінюється, протягом наступних 5 днів починається поступове відмирання клітин біфідобактерій, але їх вміст у продуктах залишається високим.

Таблиця 3. Показники якості десертних продуктів з фруктовими наповнювачами

Показники	Десертні продукти			
	на молочної основі		на молочно-борошняній основі	
	Контроль	Тест	Контроль	Тест
Активна кислотність, рН	4,5±0,1	4,67±0,1	4,52±0,1	4,64±0,1
Титрована кислотність, °Т	77,5±0,2	75,2±0,2	78±0,2	78,8±0,2
Кількість життєздатних клітин біфідобактерій, $\cdot 10^3$ КУО/ см ³	9,2±2	9,8±2	10,1±2	10,5±2
Тривалість коагуляції, годин	5,0±0,5	5,5±0,5	5,0±0,5	5,5±0,5
В'язкість, $\eta \cdot 10^3$, Па·с	1,89±0,2	1,93±0,2	1,91±0,2	1,95±0,2
Синерез, см ³	Відсутній	Відсутній	Відсутній	Відсутній

Дослідження змін реологічних властивостей молочних і молочно-борошняних продуктів під час зберігання показало, що протягом перших п'яти днів зберігання отримані структури посилюються і в'язкість ферментованих десертних

продуктів зростає в результаті процесу комплексного утворення гідроколоїдів, а також завдяки адсорбції поліфенольних речовин фруктово-ягідної сировини на поверхні білків та полісахаридів з утворенням складних структур, що ущільнюють структуру.

Висновки. Встановлено, що структура контрольних зразків десертів не змінюється протягом 15 днів, тестових зразків — протягом 20 днів, з подальшим поступовим руйнуванням структури, а в окремих зразках спостерігається незначне відділення вологи у вигляді окремих крапель. Через 25 днів синерезис солодких молочних продуктів становить 1,2 см³, продуктів на молочно-борошняній основі — 0,8 см³. Пробиотичні властивості як контрольних, так і тестових зразків підтверджуються тим, що протягом 20 днів зберігання кількість життєздатних біфідобактерій була не нижче ніж $1 \cdot 10^9$ КУО/см³, але з огляду на те, що через 10 днів зберігання клітини біфідобактерій починають гинути, час зберігання ферментованих солодких продуктів обмежується 15 днями.

Проведені дослідження дали змогу розробити рецептури й технології виробництва ферментованих десертів на молочної і молочно-борошняній основі з використанням біфідобактерій та лактобактерій, а також біфідостимуляторів, структуроутворювачів і фруктово-ягідних наповнювачів, які зберігають високу біологічну цінність, ніжну текстуру, смак та аромат протягом 15 днів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Roberfroid M. B. Global view on functional foods: European perspectives / Roberfroid M. B. // *British J. Nutr.* — 2002. — Vol. 88 (S2). — P. 133—138.
2. Roberfroid M. B. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? / Roberfroid M. B. // *Am. J. Clin. Nutr.* — 2000. — № 6. — P. 1682—1687.
3. Rolfe R. D. The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health / Rolfe R. D. // *J. Nutr.* — 2000. — № 2. — P. 396—402.
4. Shah N. P. Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods / Shah N. P. // *J. Dairy Sci.* — 2000. — № 4. — P. 894—907.
5. Sanders M. E. Considerations for use of probiotic bacteria to modulate human health / Sanders M. E. // *J. Nutr.* — 2000. — № 2. — P. 384—390.
6. Ботина С. Г. Штамми *Streptococcus thermophilus*, ферментуючі галактозу / Ботина С. Г. // *Молочная пром-сть.* — 2008. — № 4. — С. 54—56.
7. Richardson D. P. Functional Food and Health Claims / Richardson D. P. // *The world of Functional ingredients.* — 2002. — Vol. 9. — P. 12—20.
8. Schrezenmeir J. Probiotics, prebiotics and synbiotics — approaching a definition / Schrezenmeir J., M. de Vrese. // *Am. J. Clin. Nutr.* — 2001. — № 2. — P. 361—364.
9. Смирнов В. В. Пробиотики на основе живых культур / Смирнов В. В., Коваленко Н. К., Подгорный В. С., Сорокулова И. Б. // *Микроб. журн.* — 2002. — № 4. Т. 64. — С. 62—80.
10. Kailsapathy K. Survival and therapeutic potential of probiotic organisms with reference to *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. / Kailsapathy K., Chin J. // *Immunology and Cell Biology.* — 2000. — Vol. 78. — P. 80—88.
11. Танашук С. В. Основные характеристики лактулозы, как функционального ингредиента / Танашук С. В., Савченко О. А., Подосинников А. Р. // *Молочное Дело.* — 2005. — № 9. — С. 38—39.
12. Ярошук О. А. Фруктовые десерты с пектином на основе молочной сыворотки / Ярошук О. А., Овчарова Г. П., Донченко Л. В. // *Переработка молока.* — 2007. — № 12. — С. 14—15.
13. Семенихина В. Ф. Технологические аспекты использования бифидобактерий для кисломолочных продуктов / Семенихина В. Ф., Рожкова И. В., Бегунова А. В. // *Молочная пром-сть.* — 2009. — № 12. — С. 9—11.
14. Храпцов А. Г. Комплексная система пробиотически-сорбционной направленности / Храпцов А. Г., Садовой В. В., Самылина В. А. // *Изв. ВУЗов. Пищ. технология.* — 2005. — № 4. — С. 40—42.
15. Дідух Н. А. Симбіотичний комплекс для виробництва ацидофільних кисломолочних продуктів з підвищеними функціональними властивостями / Дідух Н. А., Могилянська Н. О.,

Власенко О. В. // 36. наук. пр. ОНАХТ. — Одеса: ОНАХТ, 2009. — Вип. 36. Том. 2. — С. 129—133.

16. Наследова Л. Ф. Еще раз о лактулозе / Наследова Л. Ф. // Молочная пром-сть. — 2009. — № 9. — С. 68—69.

17. Храмов А. Г. Технологическая платформа отечественного пребиотика лактулозы / Храмов А. Г., Евдокимов И. А., Рябцева С. А., Кожевникова О. Н. // Молочная пром-сть. — 2009. — № 12. — С. 53—56.

18. Полянский К. К. Пищевые волокна в молочных продуктах / Полянский К. К., Глаголева В. Э., Ряховский Ю. В. // Молочная пром-сть. — 2009. — № 12. — С. 9—11.

19. Станкевич Г. М. Оптимізація параметрів гомогенізації молочно-жирових сумішей для геродістичних напоїв / Станкевич Г. М., Дідух Г. В. // Харчова наука і технологія. — 2009. — № 2(7). — С. 69—71.

20. Дидух Н. А. Симбиотические комплексы для производства ферментированных молочных геронапитков [Текст] / Н. А. Дидух, Г. В. Дидух // 36. наук. пр. ОНАХТ. — Одеса: ОНАХТ, 2008. — Вип. 33. — С. 147—153.

21. Дідух Н. А. Наукові основи використання синбіотичних комплексів з чистими культурами *Bifidobacterium longum* у виробництві ферментованих функціональних молочних продуктів / Дідух Н. А. // Молочное Дело. — 2008. — № 3. — С. 21—23, — № 4. — С. 52—54; — № 5. — С. 38—39.

22. Власенко В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва кисломолочних продуктів функціонального призначення [Текст] / В. В. Власенко, А. М. Соломон, Я. Б. Паулина // Харчова наука і технол. — № 4(9). — 2009. — С. 21—23.

23. Патент на корисну модель 54607 UA Україна, МПК А 23 С 9/00. Кисломолочний десертний продукт / А. М. Соломон, В. В. Власенко, А. К. Д'яконова. — № 201010363; Заявл. 25.08.2010; Опубл. 10.11.2010, Бюл. № 21. — 6с.

24. Власенко В. В. Визначення пробіотичної складової для десертних кисломолочних продуктів функціонального призначення / В. В. Власенко, А. М. Соломон, Г. В. Дідух та ін. // Харчова наука і технологія. — 2010. — № 13(4). — С. 69—71.

ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА И РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ДЕСЕРТНЫХ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

А. М. Соломон

Винницький національний аграрний університет

Т. В. Семко

*Винницький торгово-економічний інститут Київського національного
торгово-економічного університета*

Г. М. Ножечкина-Ерошенко

Полтавская государственная аграрная академия

В статье научно исследованы и обоснованы состав про- и пребиотиков, влияние бифидостимулирующей составляющей и стабилизирующей системы на показатели качества ферментированных десертных продуктов, разработаны технологии кисломолочных десертов на основе консорциума бифидо- и лактобактерий. Проведенные испытания позволили разработать рецептуры и технологии производства ферментированных десертов на молочной и молочномучной основе, с использованием бифидобактерий и лактобактерий, а также бифидостимуляторов, структурообразователей и фруктово-ягодных наполнителей, которые сохраняют высокую биологическую ценность, нежную структуру, вкус и аромат в течении 15 дней.

УДК 664.045-57.043

THE IMPROVED METHOD TO OBTAIN THE FROZEN BERRY HALF PRODUCTS

G. Simakhina, N. Naumenko*National University of Food Technologies***Key words:**

berries,
freezing,
cryoprotectors,
defrosting,
vitamins

Article history:

Received 10.06.2020

Received in revised form

15.06.2020

Accepted 24.09.2020

Corresponding author:

lyutik.0101@gmail.com

ABSTRACT

Minimization of ascorbic acid losses during freezing and frozen storage of berries can be achieved by various methods of cryoprotection. The objectives of this research are to confirm the impact of different cryoprotectors on minimization of ascorbic acid losses during freezing and frozen storage of berries.

Black currant, guelder, and cranberries in fresh, frozen and defrosted states were researched in this article. The traditional methods to freeze the berries had proved the well-known fact of the significant losses of ascorbic acid. The latter made up 16.8 to 26.3 percents in frozen products and 55.6 to 71.0 percents in those defrosted. This was the result of cryogenous damages of berries' cells by ice crystals, and thereafter the cause of ascorbic acid oxidation by oxidoreductases and its leakage together with cellular juice during berries' defrosting.

The berries processed with cryoprotective solutions before freezing were believed to keep the holity of their structure during freezing, long-term (for 12 months) frozen storage, and defrosting. Therefore, the effect of ascorbic acid retention in most cases exceeded 80 percents, relatively to its amount in fresh raw materials. Thanks to protective action of cryoprotectors at the stage of berries freezing, the ascorbic acid losses did not overcome 16.8 to 26.3 percents; after frozen storage for 12 months and defrosting, the residual amount of ascorbic acid made up 62.8 to 83.5 percents. Meanwhile, the control samples (berries frozen without protectors) had got ascorbic acid left on the level of 22.4 to 33.6 percents.

Realization of theoretical knowledge in studying the cryoprotectors by cryobiology scientists had shown the positive effect of cryoprotection in berries freezing.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-11

УДОСКОНАЛЕНИЙ СПОСІБ ОТРИМАННЯ ЗАМОРОЖЕНИХ ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Г. О. Сімахіна, Н. В. Науменко

Національний університет харчових технологій

Мінімізації втрат аскорбінової кислоти при заморожуванні та зберіганні ягід можна досягти за допомогою методів криопротекції. Мета досліджень — установити вплив різних криопротекторів на мінімізацію втрат аскорбінової кислоти при заморожуванні та зберіганні ягід.

Досліджувались ягоди чорної смородини, калини та журавлини у свіжому, замороженому, дефростованому стані. Заморожування ягід традиційним способом підтвердило відомий факт щодо істотних втрат аскорбінової кислоти. Вони склали у всіх видах замороженої продукції від 16,8 до 26,3%, а дефростованої — від 55,6 до 71%. Це є результатом криоушкодження клітин ягід утвореними кристалами льоду, що призводить до окиснення аскорбінової кислоти оксидоредуктазами та її втрат із клітинним соком при дефростації ягід.

Реалізація теоретичних знань із вивчення криопротекторів у кріобіології показала позитивний ефект криопротекції при заморожуванні ягід.

Ключові слова: ягоди, заморожування, криопротектори, дефростація, вітаміни.

Постановка проблеми. Сучасні економічні умови диктують необхідність створення і впровадження інноваційних технологій, які дають змогу на новому рівні більш ефективно використовувати унікальні властивості вітчизняної рослинної сировини; розширювати асортимент готових продуктів на її основі, які відповідають основним принципам харчування XXI століття: якість, ефективність, безпека. Аналіз ринку продовольчих товарів України свідчить про те, що з кожним роком зростає частка напівфабрикатів, серед яких суттєве місце посідають заморожені плоди і ягоди [1].

За прогнозами аналітиків, попит на заморожену плодово-ягідну та овочеву продукцію в усьому світі зростає, її товарообіг щорічно збільшується майже на 4%. І це цілком закономірно. Використання штучного холоду викликає мінімальні зміни харчової та біологічної цінності сировини і отриманих з неї готових продуктів, їх якості та органолептичних показників. Разом з тим, за економічністю та особливо питомими витратами енергії спосіб консервування харчових матеріалів заморожуванням має значні переваги перед методами теплового оброблення — пастеризацією, стерилізацією, сушінням.

Однак і досі є кілька основних проблем, які уповільнюють розвиток галузі заморожених напівфабрикатів: відсутність достатньої кількості вітчизняного устаткування для шокового заморожування плодів та овочів; нестача кваліфікованих фахівців, які розуміються на сучасних процесах заморожування, їх особливостях, здатних розвивати та засвоювати нові технології орієнтовані на мінімізацію втрат цінних біологічно активних речовин (БАР) при заморожуванні, зберіганні та дефростації біооб'єктів; складність залучення необхідних фінансових ресурсів для впровадження інновацій у виробництво; висока залежність формування ціни на заморожену продукцію залежно від урожаю та попиту на неї [2; 3].

Тому питання раціонального перероблення плодово-ягідної сировини, мінімізації втрат цінних біокомпонентів при заморожуванні, зберіганні та дефростації,

досягнення високих органолептичних показників є актуальним завданням і можливістю насичення як внутрішнього, так і зовнішнього ринків. Реальним шляхом вирішення цих питань є вдосконалення існуючих низькотемпературних технологій перероблення сировини, зокрема за рахунок поєднання впливу холоду з іншими фізичними чинниками.

Важливого значення набувають інновації в технологіях заморожування, плодово-ягідної сировини, які ґрунтуються на використанні широкого спектру кріопротекторів органічної та мінеральної природи [5], на вивченні і впровадженні способів заморожування ягід з ніжною та щільною покривною тканиною [6], розробленні раціональних методів дефростації заморожених напівфабрикатів з мінімальними втратами клітинного соку [7], створенні системи управління безпекою виробництва заморожених плодів і ягід на етапах життєвого циклу на основі принципів НАССР [8] тощо. Це відкриває широкі перспективи для вітчизняних виробників замороженої продукції і дає підстави прогнозувати позитивну динаміку розвитку галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних наукових праць за темою дослідження свідчить про те, що найбільш глибоко механізми кріоушкоджень клітин біооб'єктів та способи їх кріопротекції вивчено у кріобіології — порівняно молодій галузі загальної біології. Фундаментальні та прикладні дослідження, виконані у період 50—70-х років ХХ століття в кріобіологічних центрах США, Англії, Франції, Японії вченими J. Lovelock, E. M. Robson, M. Takano et al., Н. Т. Мегу-ман, дозволили узагальнити результати перших робіт із кріобіології. Вони розвинуті в сучасних працях R. A. Carrow [9] та провідних українських учених А. Білоуса В. Грищенка, М. Пушкаря та Є. Гордієнка. Загальний висновок учених такий: розвиток руйнівного поза- та внутрішньоклітинного кристалоутворення істотно гальмується при заморожуванні клітин і тканин, якщо воно відбувається під захистом різних кріопротекторів, які сприяють модифікації структури рідкої фази і характерові її кристалоутворення.

Оскільки природні біологічні об'єкти у медицині та сільськогосподарській сировині мають подібний хімічний склад і будову клітин, зрозумілою є доцільність використання набутого згаданими вченими досвіду у харчових технологіях. Поки що таких спроб дуже мало [10; 11], тому кожна дослідження в цьому напрямі сприятиме розвитку та застосуванню нових ефективних методів заморожування, основним призначенням яких є збереження в цільовому продукті максимальної кількості біокомпонентів сировини, передусім аскорбінової кислоти як найбільш лабільної складової.

Мета дослідження полягає у вивченні кріопротекторної здатності різних сполук органічної та мінеральної природи, критерієм оцінки якої є мінімізація втрат аскорбінової кислоти при заморожуванні, зберіганні та дефростації плодів і ягід.

Матеріали і методи. Дослідження проводили з ягодами журавлини; ягодами калини; ягодами чорної смородини. Після етапів відбору сировини, миття, звільнення від домішок усі досліджувані зразки обробляли розчинами кріопротекторів органічної та мінеральної природи, ефективність яких описано в роботах з кріобіології [10; 12] і перевірено в наших дослідженнях.

Попередні дослідження показали доцільність використання розчинів кріопротекторів 10- або 15%-ної концентрації, а також вищу ефективність комбінованих протекторів [13]. Тому обґрунтованим є склад композицій розчинів кріопротекторів із зазначеними концентраціями: сахароза (10%) і лимонна кислота (1%);

глюкоза (10%) і лимонна кислота (1%); фруктоза (10%) і лимонна кислота (1%), а також монокріопротектори $MgCl_2$ (15%), сахароза (10%), глюкоза (10%), фруктоза (10%).

Після приймання сировини, миття, очищення від сторонніх домішок ягоди обробляли розчинами кріопротекторів протягом 40...60 хв при кімнатній температурі. Потім заморожували у швидкоморозильній камері розсіпом при температурі $-35...-37^{\circ}C$, що відповідає параметрам швидкого заморожування. Процес триває до досягнення в центрі ягід температури $-18\pm 1^{\circ}C$.

Заморожені ягоди пакували в пакети по 500 г, дотримуючись вимог цілісності і герметичності упаковки, зберігали протягом 12 місяців (максимальний термін) при температурі $-18^{\circ}C$ і відносній вологості не більше ніж 95%. При підготовці ягід до реалізації проводили дефростацію при температурі $34...40^{\circ}C$ на водяній бані. Контролем служили ягоди, заморожені за традиційною технологією, тобто без використання кріопротекторів.

Методика визначення вітаміну С — загальновідома і ґрунтується на використанні 2,6-дихлорфеноліндофеноляту натрію [14].

Викладення основних результатів дослідження. Дослідження розпочали з оцінки зміни вмісту аскорбінової кислоти (АК) при заморожуванні ягід традиційним способом, їх зберіганні та дефростації. Отримані результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Динаміка зміни вмісту аскорбінової кислоти в ягодах, заморожених традиційним способом

Дослідні зразки	Вміст аскорбінової кислоти в ягодах, мг/100 г			НІР _{0,5}
	калини	журавлини	чорної смородини	
Свіжі ягоди	130,4	243,6	193,3	0,8
Заморожені ягоди (контроль)	104,9	202,0	142,5	0,7
Заморожені і дефростовані ягоди (контроль)	48,5	108,1	56,1	0,9

Аналіз даних таблиці показав, що щойно заморожені за традиційною технологією ягоди уже втрачають певну кількість аскорбінової кислоти. І якщо її вміст у свіжих ягодах прийняти за 100%, то втрати в заморожених ягодах калини склали 19,6%; журавлини — 16,8%; чорної смородини — 26,3%. Це є результатом руйнівного впливу поза- та внутрішньоклітинних кристалів льоду, утворених при низьких температурах, на мембрани клітин ягід і субклітинні структури. Внаслідок цього частина клітин втрачають свою цілісність, цитоплазматична оболонка (каркас клітини) розривається [15], призводячи до безпосереднього контакту біологічно активних речовин, які знаходяться всередині клітини, з оксидоредуктазами. Вони прискорюють біохімічні реакції окислення, внаслідок чого АК руйнується.

Її втрати істотно зростають при дефростації ягід у результаті витікання клітинного соку разом із розчиненими в ньому біокомпонентами з кріоушкоджених клітин. Так, вони підвищились до 62,8% у ягодах ожини; 55,6% у ягодах чорноплідної горобини та 71% у ягодах чорниці. Внаслідок цього харчова та біологічна цінність напівфабрикатів різко знижується, і навіть із найбільш якісної сировини неможливо отримати ідентичні продукти.

З даних табл. 1 випливає висновок, що при одних і тих же умовах заморожування і дефростації у різних видах ягід зберігається різна кількість вітаміну С. Пов'язано це, безперечно, окрім зазначених вище чинників, також з якісним і кількісним складом біокомпонентів та свідчить про пряму залежність між ступенем збереження вітамінів і вмістом у ягодах цукрів. Це узгоджується з відомими теоретичними даними з кріобіології, що глюкоза, фруктоза і сахароза є природними кріопротекторами: у ягодах чорниці з дещо нижчим вмістом цукрів, ніж в інших досліджуваних зразках, ступінь збереження аскорбінової кислоти менший. Цілісність ягід при заморожуванні залежить також від структури покривних тканин, їхньої щільності, а отже, здатності протистояти кріоушкодженню [16; 17].

Порівняння залишкового вмісту АК у дефростованих після 12 місяців зберігання ягодах, заморожених під прикриттям кріопротекторів, дало можливість одночасно відповісти на кілька запитань. По-перше, оцінити позитивний вплив кріопротекції на збереження у дефростованих напівфабрикатах найбільш цінного і найбільш нестійкого вітаміну — аскорбінової кислоти. По-друге, з'ясувати ефективність використання того чи іншого моно- або комбінованого кріопротектора для різних біологічних об'єктів. По-третє, довести реальну можливість обрати для кожного виду плодово-ягідної сировини кріопротектор, який забезпечує її максимальний кріозахист і, відповідно, мінімальні втрати аскорбінової кислоти.

У табл. 2 наведено результати вмісту аскорбінової кислоти (у процентному співвідношенні до цього показника у свіжих ягодах: ягоди калини — 130,4 мг/100 г; ягоди журавлини — 243,6 мг/100 г; ягоди чорної смородини — 193,3 мг/100 г, прийнятого за 100%) у дефростованих ягодах після 12 місяців зберігання, заморожених за вдосконаленою технологією з використанням кріопротекторів.

Таблиця 2. Залишковий вміст аскорбінової кислоти у дефростованих ягодах

Використаний кріопротектор	Залишковий вміст аскорбінової кислоти, % до вмісту у свіжих ягодах		
	калини	журавлини	чорної смородини
MgCl ₂ (15%)	76,8	70,7	62,4
Сахароза (10%)	78,7	76,5	64,0
Фруктоза (10%)	64,9	63,8	58,8
Глюкоза (10%)	75,8	64,2	57,7
Сахароза (10%) + лим. к-та (1%)	83,5	81,8	75,5
Фруктоза (10%) + лим. к-та (1%)	74,2	70,4	64,7
Глюкоза (10%) + лим. к-та (1%)	81,6	69,8	76,5
Контроль (без кріопротектора)	31,0	33,6	22,4

За даними табл. 2, позитивний вплив кріопротекторів виявлено для всіх об'єктів: ступінь збереження аскорбінової кислоти в ягодах, заморожених даним способом і дефростованих після 12 місяців зберігання, перевищує у всіх без винятку дослідях аналогічний показник для ягід, заморожених без попереднього оброблення кріопротекторами. І хоча механізми дії кріопротекторів складні й досі не повністю розкриті (а в технологіях харчових продуктів їх лише почали вивчати), можна констатувати, що з їхньою допомогою реально звести до мінімуму результати ушкоджуючої дії від'ємних температур при заморожуванні ягід та подальший їх дефростації, про що свідчать дані залишкового вмісту аскорбінової кислоти.

Незважаючи на різноманітність обраних для дослідження кріопротекторів та їх комбінацій, їхній вплив на досліджувані нами об'єкти має свої закономірності. І на основі існуючих на сьогодні теоретичних відомостей можна сказати, що головним у механізмі захисної дії кріопротекторів є їхня властивість зменшувати кількість води, котра може кристалізуватись при заморожуванні (а отже, — і кількість утворених кристалів), сприяти утворенню дрібнокристалічного льоду і тим самим захистити клітину від згубної дії від'ємних температур.

Отже, виявлений позитивний вплив використання кріопротекторів у технологіях заморожування ягідної сировини, зокрема з точки зору максимального збереження вмісту аскорбінової кислоти, є результатом поєднання кількох зазначених вище ефектів, що їх виявили досліджені кріопротектори.

З точки зору провідних фахівців у галузі кріобіології та кріомедицини А. М. Білоуса та В. І. Грищенка [18], вибір кріопротекторів здійснюється емпірично, індивідуально для кожного біологічного об'єкта, оскільки досі універсальних принципів підбору кріопротектора із заданими (стосовно даного об'єкта) властивостями не розроблено. Відповідно до даних таблиці 2, комбіновані кріопротектори відзначаються більшою ефективністю, ніж моносполуки. Найбільший кріопротекторний ефект досягається при комбінованій дії двох сполук — сахарози (10-відсотковий розчин) та лимонної кислоти (1-відсотковий розчин): після 12 місяців зберігання та дефростації у ягодах калини та журавлини зберігається понад 80% аскорбінової кислоти, а чорної смородини — 75,5%. Лимонна кислота в складі кріопротекторів виступає як поліфункціональна речовина, дія якої, за даними авторів [18], спрямована на зміну характеру кристалізації води в клітинах і міжклітинному просторі й підтримання стабільності структурно-функціональних параметрів біооб'єктів.

Загалом вітамінна цінність ягід, заморожених під прикриттям кріопротекторів, досить висока, чого не вдалося досягти традиційною технологією заморожування. З табличних даних видно, що залишковий вміст аскорбінової кислоти у ягодах, заморожених без кріопротекторів, становить від 22,4 до 33,6% до її вмісту у свіжій сировині.

За результатами досліджень виявлено, що ягоди, заморожені за традиційною технологією, за жодним органолептичним показником не отримали максимальної кількості балів, вони придатні, за розробленими нами рекомендаціями, лише до нетривалого (протягом місяця) зберігання, тому не варто розраховувати на них як на джерело вітамінів та інших цінних нутрієнтів у зимово-весняний період за відсутності свіжої плодово-ягідної сировини.

На противагу цьому фактові ягоди чорної смородини, заморожені з використанням кріопротекторів, за всіма показниками органолептики отримали максимальні 5 балів, підтвердили свій статус надійного джерела вітамінів та мінеральних елементів у міжсезонний період до нового врожаю.

Підвищення якості отриманих заморожених ягідних напівфабрикатів та досягнуті їхні високі органолептичні показники є результатом здатності досліджених кріопротекторів зменшувати кількість заморожуваної води і, відповідно, утворених кристалів льоду (як основного чинника кріоушкоджень рослинних клітин) та сприяти формуванню його *дрібнокристалічної структури*. За даними [18], вона відзначається слабкими полями напруги, що істотно знижує ступінь механічного руйнування цитоплазматичних структур і мембран клітин, зберігаючи їхню цілісність при заморожуванні, зберіганні та дефростації.

Висновки. Кріозахист, здійснений дослідженими протекторами, виконав одне із найважливіших завдань — звів до мінімуму ушкоджуючу дію низьких температур і їхніх наслідків, у результаті чого у заморожених ягодах після 12 місяців зберігання і дефростації вдалося зберегти понад 70% аскорбінової кислоти, тоді як традиційні технології заморожування (без застосування кріопротекторів) дозволяють отримати у заморожених і дефростованих ягодах близько 30% аскорбінової кислоти від її вмісту в сировині.

Досягнуті ефекти є результатом дії певних сполук кріозахисних середовищ (водних розчинів кріопротекторів), до складу яких ввійшли різні органічні та неорганічні речовини — глюкоза, фруктоза, сахароза, лимонна кислота, хлористий магній. Позитивний результат оброблення ягід перед заморожуванням кріопротекторами реально пояснити, користуючись теоретичними викладками кріобіології щодо їхньої дії на клітинні суспензії. За аналогією можна стверджувати, що присутність кріопротекторів змінює фізико-хімічні властивості поза- і внутрішньоклітинних розчинів біологічних об'єктів таким чином, що наступні впливи низьких температур при заморожуванні є менш згубними для клітинних структур попередньо оброблених ягід. Застосування методів кріопротекції, проведення інноваційних досліджень, спрямованих на подолання недоліків традиційних технологій заморожування, є перспективним напрямом удосконалення технологій консервування рослинної сировини з використанням штучного холоду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сімахіна Г. О. Ринок заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів / Г. О. Сімахіна, С. В. Камінська // Вчені записки Таврійського нац. ун-ту ім. В. І. Вернадського. — 2020. — Т. 31 (70). — № 3. — С. 67—72.
2. Сімахіна Г. О. Низькі температури в технологіях оздоровчих продуктів: монографія / Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. — Київ: Видавництво «Сталь», 2011. — 363 с.
3. DeAncos B. Freezing preservation of fruits / DeAncos B., Sanchez-Moreno C., Pascual-Teresa D., Cano M. P. // Handbook of Fruits and Fruit Processing. — Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2012. — Pp. 103—119.
4. Li B. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods: A Review / B. Li, D. W. Sun // Journal of Food Engineering. — 2002. — Vol. 54 (3). — Pp. 175—182.
5. Сімахіна Г. О. Перспективи використання кріопротекторів в інноваційних технологіях заморожування плодово-ягідної сировини / Г. О. Сімахіна, С. В. Халапсіна // Международный научный журнал "Acta Universitatis Pontica Euxinus". Специальный выпуск. — 2013. — Т. 2. — С. 141—144.
6. Сімахіна Г. О. Отримання заморожених напівфабрикатів дикорослих ягід зі щільною покривною тканиною / Г. О. Сімахіна, С. В. Халапсіна // Наукові праці НУХТ. — 2016. — № 3. — С. 198—206.
7. Simakhina G. Impact of cryoprotection on minimization of ascorbic acid losses in freezing of berries / G. Simakhina, N. Naumenko, S. Bazhay-Zhezherun, S. Kaminska // Ukrainian Food Journal. — 2019. — Vol. 8. # 2. — P. 271—283.
8. Сімахіна Г. О. Оцінка безпеки швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів на основі принципів системи НАССР / Сімахіна Г. О., Камінська С. В., Науменко Р. Ю.; II Міжнародна науково-практична конференція «Discovery Science». 17 травня 2019 р. — м. Карлові Вари, Чехія. 2019. — С. 38—49.
9. Carrow R. A. Thermodynamic modeling and cryomicroscopy of cell-size unilamellar and paucilamellar liposomes / R. A. Carrow, J. J. MacGrath // Cryobiology. — 1985. — Vol. 22. — P. 251—267.
10. Гордиенко Е. А. Научное обоснование способов низкотемпературного консервирования клеточных суспензий / Е. А. Гордиенко, А. И. Осецкий, Л. Ф. Розанов // Проблемы кріобіології. — 1997. — № 1. — С. 67—71.

11. Доценко Н. В. Комплекс криозащиты растительного сырья при холодильном консервировании: дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. / Доценко Н. В. 05.18.13. — Одесса, 1998. — 186 с.
12. Wagner C. T. Biochemical stabilization enhances red blood cell recovery and stability following cryopreservation / C. T. Wagner, M. L. Martowicz, S. A. Livesey, J. Connor // Cryobiology. — 2012. — Vol. 45, №2. — Pp. 153—166.
13. Сімахіна Г. О. Ефективність використання кріопротекторів при заморожуванні дикорослих і культивованих ягід / Г. О. Сімахіна, С. В. Халапсіна // Наукові праці НУХТ. — 2017. — Т. 23, № 3. — С. 179—185.
14. Helrich K. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists / Helrich K. — 15th, Arlington, Virginia, 1990. — Pp. 1058—1059.
15. Белоус А. М. Структурные изменения биологических мембран при охлаждении: монография / А. М. Белоус, В. А. Бондаренко. — Киев: Наукова думка, 1982. — 257 с.
16. Сімахіна Г. О. Отримання заморожених напівфабрикатів дикорослих ягід зі щільною покривною тканиною / Г. О. Сімахіна, С. В. Халапсіна // Наукові праці НУХТ. — 2016. — Т. 22, № 3. — С. 198—205.
17. Van Buggenhout S. Structure / processing relation of vacuum infused strawberry tissue frozen under different conditions / S. Van Buggenhout, T. Grauwet, A. Van Loey, M. Hendrick // European Food Research Technology. — 2008. — Vol. 226. — Pp. 437—448.
18. Белоус А. М. Кробиология: монография / Белоус А. М., Грищенко В. И. — Киев: Наукова думка, 1994. — 431 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ЯГОДНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Г. А. Симахина

Н. В. Науменко

Национальный университет пищевых технологий

Минимизацию потерь аскорбиновой кислоты при замораживании и хранении ягод можно достичь с помощью методов криопротекции. Цель исследований — установить влияние различных криопротекторов на минимизацию потерь аскорбиновой кислоты при замораживании и хранении ягод.

Исследовались ягоды черной смородины, калины и клюквы в свежем, замороженном, дефростированом состоянии. Замораживание ягод традиционным способом подтвердило известный факт о существенных потерях аскорбиновой кислоты. Они составили во всех видах замороженной продукции от 16,8 до 26,3%, а дефростированой — от 55,6 до 71%. Это является результатом криповреждения клеток ягод образованными кристаллами льда, что приводит к окислению аскорбиновой кислоты оксидоредуктаз и ее потерями с клеточным соком при дефростации ягод.

Реализация теоретических знаний по изучению криопротекторов в кробиологии показала положительный эффект криопротекции при замораживании ягод.

Ключевые слова: ягоды, замораживания, криопротектора, дефростация, витамины.

УДК 664.1.03

ADVANCED TECHNOLOGY OF USING ALUMINUM HYDROXIDE IN SUGAR PLANTS OF UKRAINE

V. Olishevskyy, E. Babko, N. Pushanko, **A. Ukrainets**, D. Babko*National University of Food Technologies***Key words:**

diffusion juice,
reagents,
extraction,
purification effect

Article history:

Received 31.03.2020
Received in revised form
07.05.2020
Accepted 20.05.2020

Corresponding author:

valinter@ukr.net

ABSTRACT

The analysis of the use of physicochemical properties of reagents (gypsum, aluminium sulphate, GOAES coagulant) to reduce the content of colloid-dispersed sugars in the diffusion juice and to increase its purification efficiency at the stage of calcareous carbonation is carried out.

Experimentally confirm the high efficiency of the use of complex reagents (gypsum, aluminium sulfate, GOAES) for the intensification of chemical and adsorption processes, increasing the effect of purification of diffusion juice. The equipment and technological scheme of obtaining the diffusion juice with the use of additional reagents was developed, including deep extraction of pulp and return of the press water for diffusion.

It has been shown that with the addition of the coagulant GOAES, depending on the typical schemes of existing plants, as well as the technological properties of beets, there was a stable increase in the purity of the diffusion juice. From the presented data it can be seen that the purified juice obtained by the advanced technology with the addition of the coagulant GOAES and pressed pulp have a higher quality. Ultimately, the advanced technology proposed increases the overall juice purification effect by 9.1...23.5%.

Research results indicate that pre-treatment of pressurized water by the coagulant GOAES, improves the performance of juices and pressed pulp. The effect achieved is due to the formation of a strong complex of aluminium pectate during juice extraction, which results in the preservation of the elastic framework of the conductive beet chip fabrics and, as a consequence, the reduction of the content of sugars in the diffusion juice. In addition, unlike gypsum, nanosized particles of aluminium coagulant GOAES, do not lead to abrasive wear of screwdrivers and inlay of their mesh surface, and in comparison with alumina do not cause corrosion of equipment and do not increase the flow of lime to neutralize SO₄²⁻ in conditions and, accordingly, its increase.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-12

ПЕРЕДОВА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРООКСИДУ АЛЮМІНІЮ НА ЦУКРОВИХ ЗАВОДАХ УКРАЇНИ

В. В. Олішевський, к.т.н.

Є. М. Бабко, к.т.н.

Н. М. Пушанко, к.т.н.

А. І. Українець, д-р техн. наук

Д. Є. Бабко

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто практичне застосування хімічних реагентів (гіпсу, сульфату алюмінію, коагулянту ГОАЕС) в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки в умовах цукрових заводів ряду вітчизняних компаній. Показано, що використання додаткових реагентів дає змогу підвищити ефективність сокодобування та повноту осадження нецукрів на різних технологічних стадіях. Для впровадження в умовах цукрових заводів запропоновано спосіб екстрагування сахарози з дозуванням коагулянту ГОАЕС в кількості 0,002% до м.б.

Ключові слова: дифузійний сік, реагенти, екстрагування, ефект очищення.

Постановка проблеми. Якість дифузійного соку залежить від вмісту в ньому нецукрів, що обумовлено багатьма факторами, важливими з яких є технологічні показники сировини й екстрагенту в процесі сокодобування (табл. 1) [1].

Якість дифузійного соку, що направляється на стадію кальцій-карбонатного очищення, суттєво залежить від умов проведення процесу екстрагування сахарози в дифузійному апараті [2; 3].

Таблиця 1. Класифікація дифузійних соків за К. Вуковим, [1]

Вміст нецукрів	Якість дифузійного соку		
	Добра	Середня	Погана
Чистота, %	$\geq 88,0$	85,5—88,0	$\leq 85,0$
Загальні нецукри, % до м.б.	$\leq 2,0$	2,0—2,6	$\geq 2,6$
Зола, % до м.б.	$\leq 0,5$	0,5—0,7	$\geq 0,7$
Редукуючі речовини, % до м.б.	$\leq 0,15$	0,15—0,025	$\geq 0,25$
Альфа-амінійний азот, % до м.б.	$\leq 0,025$	0,025—0,04	$\geq 0,4$
Колоїди, % до м.б.	$\leq 0,4$	0,4—0,8	$\geq 0,8$
Пектини, % до м.б.	0,1	0,1—0,2	$\geq 0,2$

При цьому для одержання якісного дифузійного соку та підвищення виходу цукру за раціональної витрати вапна необхідно:

- досягати максимального очищення коренеплодів кондиційного цукрового буряку від легких і важких домішок та отримувати високоякісну стружку;
- застосувати в дифузійному процесі високоякісну живильну воду;
- використовувати додаткові хімічні реагенти для підвищення ефекту очищення дифузійного соку в дифузійному апараті (алюміній- та кальцієвмісні коагулянти);
- підтримувати високий ступінь віджимання свіжого жому та повернення всієї жомопресової води в дифузійну установку.

З огляду на це проведено аналіз використання фізико-хімічних властивостей реагентів (гіпсу, сульфату алюмінію, коагулянту ГОАЕС) для зниження вмісту

колоїдно-диспергованих нецукрів у дифузійному соку та підвищення ефективності його очищення на стадії вапнокарбонізації.

Мета дослідження: вдосконалення процесу екстрагування сахарози шляхом попередньої обробки жомопресової води гідроксидом алюмінію.

Матеріали і методи. Перший етап проведених досліджень [4—8] дав змогу теоретично обґрунтувати й експериментально підтвердити високу ефективність використання комплексоутворюючих реагентів (гіпсу, сульфату алюмінію, ГОАЕС) для видалення нецукрів і підвищення загального ефекту очищення дифузійного соку. На підставі цих досліджень розроблена апаратурно-технологічна схема одержання дифузійного соку з використанням додаткових реагентів, що включає глибоке віджимання жому та повернення жомопресової води на дифузію (рис. 1). Запропонований коагулянт ГОАЕС дозували мембранним насосом 4 з ємкості 3 в зону подачі жомопресової води в дифузійний апарат 2.

Дослідження проводилися у виробничі сезони 2016—2019 рр. на цукрових заводах ряду вітчизняних компаній «Юкрейніан Шугар Компані» (Миколаївська обл., 2016 р.); агропромхолдингу «Астарта-Київ: «Новоіванівський цукровий завод» (Харківська обл. 2017 р.), «Жданівський цукровий завод» (Вінницька обл., 2017 р.), «Наркевицький цукровий завод» (Хмельницька обл., 2019 р.).

Для досліджень використовували бурякову стружку, отриману при переробці буряків середньої та високої якості за типовими схемами цукрових заводів з використанням коагулянту ГОАЕС:

- схема заводів «Юкрейніан Шугар Компані» і «Жданівський цукровий завод» — екстрагування сахарози з додаванням коагулянту ГОАЕС в кількості 0,002% до м.б.;

- схема заводів «Наркевицький цукровий завод» і «Новоіванівський цукровий завод» — екстрагування сахарози з додавання в типову схему гіпсу, сульфату алюмінію та коагулянту ГОАЕС в кількості, відповідно, 0,04%, 0,02% і 0,002% до м.б.

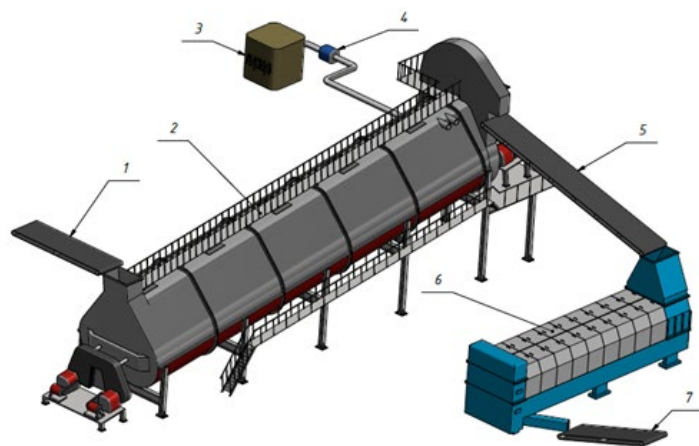


Рис. 1. Апаратурно-технологічна схема дифузійно-пресового способу екстрагування сахарози з використанням додаткових реагентів: 1, 5, 7 — стрічкові конвєсери; 2 — дифузійна установка похилого типу; 3 — ємкість з коагулянтом ГОАЕС; 4 — насос-дозатор; 6 — прес для глибокого віджимання жому

При проведенні досліджень використовували водні розчини як традиційних реагентів — гіпсу $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ [9] та сульфату алюмінію $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$ [10], так і

реагенту нового покоління — нанорозмірного коагулянту ГОАЕС [11], що одержаний електроіскровим способом [12].

Технологічних показники напівпродуктів цукробурякового виробництва визначали за допомогою рекомендованих методик [13; 14].

Результати досліджень. Результати досліджень впливу додаткових реагентів на якісні показники напівпродуктів цукробурякового виробництва представлено в табл. 2.

Отримані результати свідчать про те, що всі додаткові реагенти покращують показники соків і пресованого жому, при цьому коагулянт ГОАЕС виявив кращі коагулюючі та комплексоутворюючі властивості. Досягнутий ефект пояснюється тим, що іони металів Ca^{2+} та Al^{3+} розчинів додаткових реагентів у процесі екстрагування по каналам пошкоджених під час різання поверхневих клітин бурякової стружки проникають в їхню будову, укріплюють клітинні стінки (пружно-міцнісний каркас) за рахунок утворення комплексів з пектинами і, як наслідок, знижують вміст дифузійного соку нецукрів і сприяють підвищенню його чистоти.

Встановлено, що використання коагулянту ГОАЕС в кількості 0,002% до м.б. порушує стійкість гетерогенної дисперсної системи, в результаті чого покращується агрегування по всьому спектру крупності дисперсії, в т.ч. на ділянці частинок, що утворюють каламутність. За таких умов не погіршуються фільтрувальні властивості соків, а фільтрат та декантат переддефекованого соку мали меншу кольоровість і кращу прозорість (рис. 2). У результаті такої взаємодії в сатураційних соках утворюються міцели кальцієвого осаду більш щільної та упорядкованої структури з прозорою рідкою фазою (рис. 3).

Таблиця 2. Вплив гідроксиду алюмінію, отриманого електроіскровим методом, на якісні показники напівпродуктів бурякоцукрового виробництва

Показники	Схема екстрагування сахарози з бурякової стружки											
	Юкрейніан Шугар Компані, 2016 р.			Жданівський цукровий завод, 2017 р.			Новоіванівський цукровий завод, 2017 р.			Наркевицький цукровий завод, 2019 р.		
	типова	з додаванням ГОАЕС	% до типової	типова	з додаванням ГОАЕС	% до типової	типова	з додаванням ГОАЕС	% до типової	типова	з додаванням ГОАЕС	% до типової
Чистота, %:												
бурякового соку	86	86	0	88,9	88,9	0	88,2	88,2	0	90,37	90,37	0
дифузійного соку	87,2	88,6	+1,6	90,6	90,9	+0,4	90,4	90,9	+0,6	92,01	92,52	+0,6
очищеного соку	89,8	91	+1,3	92,5	92,9	+0,4	92,3	92,8	+0,6	93,5	94	+0,5
Ефект очищення, %												
дифузійного соку	16,2	21,0	+29,4	16,6	19,8	+19,3	20,7	25,5	+23,3	18,5	24,1	+30,4
очищеного соку	19,5	23,1	+18,6	23,3	23,7	+1,8	21,2	22,7	+7,4	19,9	21,1	+5,6
сумарний	35,7	44,1	+23,5	39,9	43,5	+9,1	41,8	48,2	+15,3	38,5	45,2	+17,5
Вміст СР в пресованому жомі, %	25	27,4	+9,4	16,2	17,3	+7,0	18,4	19,26	+4,5	23,44	24,23	+3,4

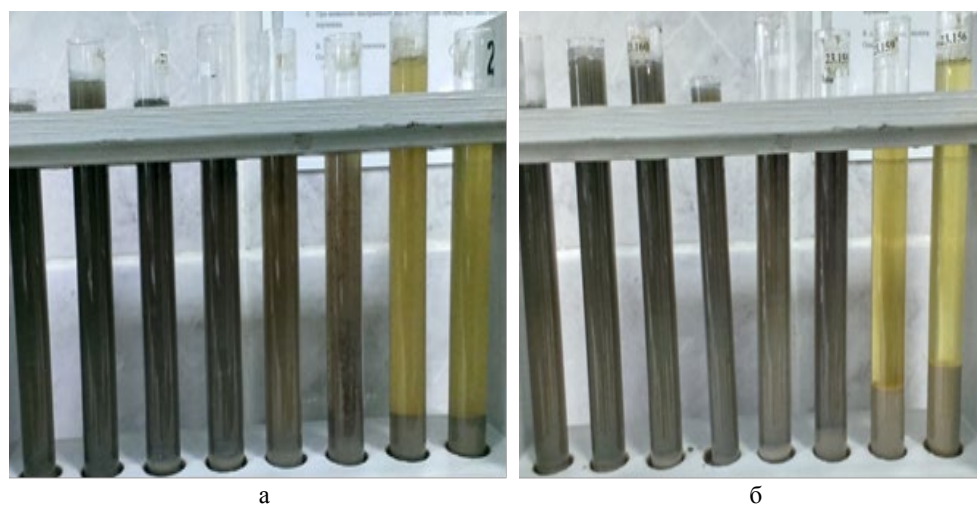


Рис. 2. Вплив коагулянту ГОАЕС на властивості соку попередньої прогресивної дефекації у виробничих умовах ТОВ «Юкрейніан Шугар Компані» (на фотографіях зліва на право зразки по зонах переддефекатора): а і б — відповідно без та з додаванням ГОАЕС в процесі екстрагування

За весь період досліджень переробки буряка з додаванням коагулянту ГОАЕС, залежно від типових схем діючих заводів, а також технологічних властивостей буряків, спостерігалось стабільне підвищення чистоти дифузійного соку. З представлених даних видно, що отриманий за вдосконаленою технологією з додаванням коагулянту ГОАЕС очищений сік і пресований жом мають більш високу якість. Так, чистота дифузійного соку порівняно з типовою технологією на 0,4...1,6% вище, а вміст сухих речовин у пресованому жомі вище на 3,4...9,4% за рахунок поліпшення пружно-міцності стружки. У результаті вдосконалена запропонована технологія сприяє збільшенню загального ефекту очищення соку на 9,1...23,5%.

Результати досліджень свідчать про те, що попередня підготовка жомопресованої води коагулянтом ГОАЕС покращує показники соків і пресованого жому. Досягнутий ефект пояснюється утворенням міцного комплексу пектату алюмінію під час сокодобування, внаслідок чого спостерігається збереження пружного каркаса провідних тканин бурякової стружки і, як наслідок, зменшення вмісту нецукрів у дифузійному соці. До того ж, на відміну від гіпсу, нанорозмірні частинки алюмінію ГОАЕС не призводять до абразивного зносу шнеків жомопресів та інкрустації їхньої сітчастої поверхні, а якщо порівняти з сульфатом алюмінію — не викликають корозію устаткування і не сприяють збільшенню витрати вапна на нейтралізацію SO_4^{2-} в умовах попередньої та основної дефекації і, відповідно, його збільшення.

Висновки. В ході виробничих досліджень встановлено, що використання коагулянту ГОАЕС за суттєво меншої витрати (0,002% до м.б.) дає змогу істотно стабільно підвищити ефективність вилучення сахарози.

Спосіб інтенсифікації дифузійно-пресового способу вилучення сахарози з бурякової стружки з використанням коагулянту ГОАЕС практично реалізовано на ТОВ «Юкрейніан Шугар Компані» ED&F Ман та агропромхолдингу «Астарта-Київ».

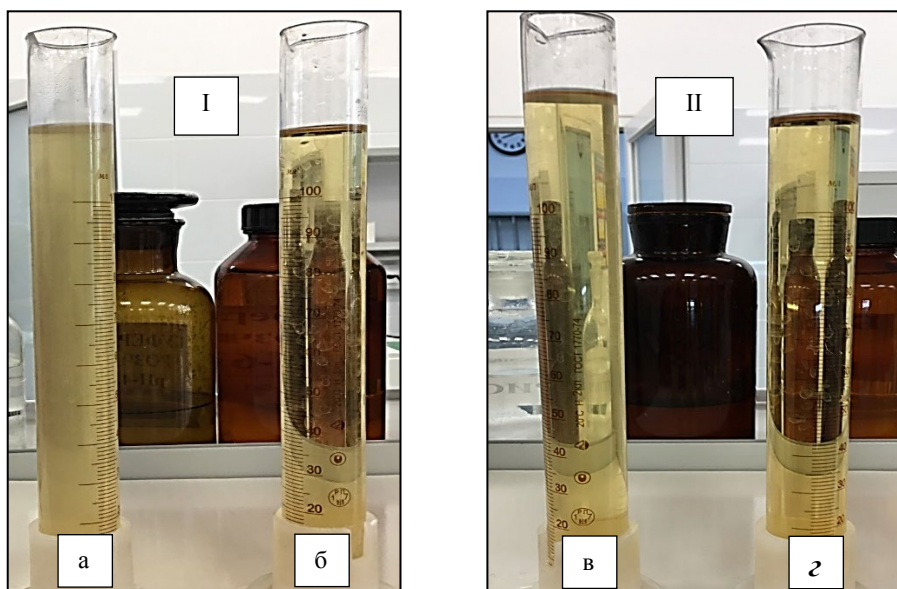


Рис. 3. Продукти сокоочисного відділення ТОВ «Наркевицький цукровий завод»:
 I — типова схема: а — фільтрований сік I сатурації з каламутністю 495 од. ICUMSA;
 б — сульфитований сік з каламутністю 149 од. ICUMSA; II — типова схема з додавання
 ГОАЕС: в — фільтрований сік I сатурації з каламутністю 167 од. ICUMSA;
 г — сульфитований сік з каламутністю 69 од. ICUMSA

ЛІТЕРАТУРА

1. Vukov K. Physik und chemie der Zuckerrübe als Grundlage der Verarbeitungsverfahren / K. Vukov. — Budapest: Akademiai Kiado, 1972. — 458 p.
2. Сапронов А. Р. Технология сахарного производства. 2-е изд., исправл. и доп. / А. Р. Сапронов. — Москва. Колосю 1999. — 495 с.
3. Asadi Mosen. Beet-sugar handbook /Includes bibliographical references and index / Asadi, Mosen. — Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2007. — 868 p.
4. Nykytiuk Taras. Impact of nanosized aluminum hydroxide on the structural and mechanical properties of sugar beet tissue / Nykytiuk T., Olishevskiy V., Babko E., Prokopiuk O. // Ukrainian Food Journal. — 2018. — Vol. 7. iss. 3. — pp. 488—498.
5. Спосіб очищення дифузійного соку: пат. 104338 України: МПК С13В 20/00 / В. В. Олішевський, Л. М. Верченко, А. І. Маринін, С. В. Ткаченко, О. В. Ардинський, К. Г. Лопатко. № а 201204314; заявл. 06.04.2012; опубл. 27.01.2014, Бюл. №2.
6. Спосіб екстрагування сахарози з бурякової стружки: пат. 114866 України: МПК С13В 10/08, С13В 10/14. / В. В. Олішевський, А. І. Українець, Н. М. Пушанко, А. І. Маринін, Є. М. Бабко, К. Г. Лопатко. № а 201606321; заявл. 10.06.2016; опубл. 10.08.2017, Бюл. № 15.
7. Олішевський В. В., Українець А. І., Лопатко К. Г., Пушанко Н. М., Бабко Є. М., Вільченко А. М., Костюченко В. В., Маринін А. І., Никитюк Т. В., Лапшин С. О. Досвід використання нанокompозиту алюмінію в умовах бурякоцукрового виробництва. Цукор України. 2016. № 11—12 (131—132). С. 11—16.
8. Олішевський В. В., Українець А. І., Бабко Є. М., Пушанко Н. М., Никитюк Т. В., Закордонєць Д. І., Бартошак І. В. Вплив нанокompозиту алюмінію на дифузійні властивості бурякової стружки. Цукор України. 2017. № 5(137). С. 17—23.
9. Гіпс будівельний Г-5 Н-П. ДСТУ Б.В. 2.7-82:2010.
10. Алюмінію сульфат технічний очищений. ДСТУ ГОСТ 30333:2009.
11. Коагулянт ГОАЕС. ТУ У 20.1-41063292-001:2017.

12. Пристрій для отримання колоїду металу: пат. на корисну модель 113262 України: МПК В22F 9/08, В23Н 9/00. / В. В. Олішевський, Є. М. Бабко, О. П. Балтажи, С. О. Лапшин, К. Г. Лопатько. № у 201809540; заявл. 21.09.2018; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24.

13. Инструкция по химико-технологическому контролю и учету сахарного производства. Киев. ВНИИСП. 1983. 476 с.

14. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики (ПУП) 15.83-37-106:2007. / Ярчук М. М., Калініченко М. Ф., Чупахіна В. П. та ін. — Київ. 2007. — 420 с.

ПЕРЕДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА САХАРНЫХ ЗАВОДАХ УКРАИНЫ

В. В. Олишевский, Е. Н. Бабко, Н. Н. Пушанко, **А. И. Украинец**, Д. Е. Бабко
Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены практическое применение химических реагентов (гипса, сульфата алюминия, коагулянта ГОАЭС) в процессе извлечения сахарозы из свекловичной стружки в условиях сахарных заводов ряда отечественных компаний. Показано, что использование дополнительных реагентов позволяет повысить эффективность сокоизвлечения и полностью осаждения несахаров на различных технологических стадиях. Для внедрения в условиях сахарных заводов предложен способ экстрагирования сахарозы с дозировкой коагулянта ГОАЭС в количестве 0,002% к м.с.

Ключевые слова: диффузионный сок, реагенты, экстрагирования, эффект очистки.

УДК 536.7 663.1: 663.4: 664

CREATION AND MAINTENANCE OF ENERGY-MASS EXCHANGE PROCESSES IN GAS-LIQUID ENVIRONMENTS

K. Vasylykivsky, I. Maksymenko, A. Chagaida, V. Pidubny, Yu. Stupak
National University of Food Technologies

Key words:

aerobic fermentation,
gas-liquid media,
mass and energy exchange,
gas holding capacity,
oscillatory process

Article history:

Received 31.08.2020
Received in revised form
13.09.2020
Accepted 30.09.2020

Corresponding author:

mif63@i.ua

ABSTRACT

The article deals with the peculiarities of creating and maintaining energy and mass transfer processes in gas-liquid media with different technologies of gas phase formation.

With regard to aerobic media, a list of processes that operate in accordance with the laws of thermodynamics.

The analysis of features of interaction of liquid and gas phases is given.

It is shown that the gas holding capacity of the medium is a defining characteristic that forms both energy and power parameters and the dynamics of mass transfer and energy exchange processes.

It is determined expedient to cool the compressed gas phase in the processes of air preparation for the subsequent recovery use in the modes of temperature stabilization of media in parallel with the main technological task of oxygen delivery for the aerobic process.

Prospects for the intensification of mass transfer processes under conditions of variable pressures over media with a gas phase for the creation of oscillatory processes in such systems are shown.

It is shown that the specific compression work and air temperature are nonlinear functions of the compression level of the gas phase.

It is proved that isobaric cooling of compressed air is accompanied by significant energy costs, which in the range of pressure changes from 140 to 300 kPa are from 33 to 39% of energy consumption for adiabatic compression.

Assumptions about the equality of the Archimedean force and the force of resistance of the medium in action on a single bubble are logically transferred to the whole array of gas phase in the medium. This action is a consequence of the manifestation of Archimedes' law or, more precisely, a manifestation of the combination of gravitational field and hydrostatic pressure.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-13

СТВОРЕННЯ І ПІДТРИМАННЯ ЕНЕРГО-І МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У ГАЗОРІДИННИХ СЕРЕДОВИЩАХ

К. В. Васильківський, канд. техн. наук

І. Ф. Максименко, інженер

А. О. Чагайда, канд. техн. наук

В. А. Піддубний, д-р техн. наук

Ю. О. Ступак

Національний університет харчових технологій

Стаття стосується особливостей створення і підтримання енерго- і масообмінних процесів у газорідних середовищах з різними технологіями утворення газової фази. Стосовно аеробних середовищ сформульовано перелік процесів, які діють відповідно до законів термодинаміки. Наведено аналіз особливостей взаємодії рідинних і газових фаз. Показано, що газоутримувальна здатність середовища є визначальною характеристикою, яка формує одночасно енергетичні та силові параметри і динаміку масообмінних та енергообмінних процесів. Визначено доцільним у процесах підготовки повітря охолоджувати стиснуту газову фазу для наступного рекупераційного використання в режимах температурної стабілізації середовищ паралельно з основним технологічним завданням доставки кисню для аеробного процесу. Показано перспективи інтенсифікації масообмінних процесів в умовах змінних тисків над середовищами з газовою фазою для створення в таких системах коливальних процесів.

Ключові слова: аеробне бродіння, газорідні середовища, масо- та енергообмін, газоутримувальна здатність, коливальний процес.

Постановка проблеми. Аналіз значної кількості технологічних процесів харчової і мікробіологічної промисловості приводить до висновку про доцільність зіставлення в них ефективності перехідних процесів та усталених режимів. Виконання таких завдань потребує комплексного врахування особливостей утворення середовищ, енергетичних і матеріальних балансів, законів та положень технічної термодинаміки. За рівнем насичення і кількості основних процесів та процесів технічного забезпечення, в тому числі за нестационарних початкових умов, на увагу заслуговують технології, пов'язані з аеробним синтезом мікроорганізмів. У загальному переліку потреб до останніх відносяться такі складові:

- забирання із зовнішнього середовища повітря, його фізична й асептична підготовка та стискання до значень, які нададуть можливість вхідному газовому потоку подолати гідростатичний тиск рідинної фази на рівні координати введення. Наслідком стискання повітря буде підвищення його температури, енергетичного потенціалу та зменшення об'єму. Швидкоплинність перебігу стискання дає змогу вважати його наближеним до рівня адіабатного процесу і це означає, що кінцева температура $T_{(к)}$ залежить від початкової $T_{(н)}$ і кінцевого тиску. При цьому значення $T_{(к)}$ обмежуються технологічними умовами і нестворенням температурних шоків щодо мікроорганізмів;

- ізобарне охолодження стиснутого повітря з метою стабілізації його температури на номінальному рівні, у тому числі з урахуванням необхідного рівня охолодження рідинної фази в режимі відведення теплоти бродіння;

- диспергування газового потоку в рідинній фазі середовища з утворенням між-фазної поверхні, що є залежним від фізико-хімічних властивостей фаз, швидкостей їх контактування, потужності вхідного газового потоку;

- перехідний і усталений режими формування структури газорідинної системи, стабілізація газотримувальної здатності й утворення циркуляційних контурів;

- масообмін на поверхні поділу фаз за наявності зустрічних потоків CO_2 і O_2 та мікроциркуляції N_2 у зв'язку з впливом гідростатичного тиску і утворенням концентраційних градієнтів;

- ізотермічне розширення диспергованої газової фази з охолодженням середовища.

Мета дослідження: комплексна оцінка енергетичних і матеріальних трансформацій у процесах взаємодії газових та рідинних складових систем аеробного бродіння.

Матеріали і методи дослідження — теоретичне дослідження на основі феноменологічного аналізу перебігу процесів трансформацій газових потоків і газорідинних систем з урахуванням їх взаємодії і переходом до рівнів об'ємних напружених станів.

Результати дослідження. Наведений перелік процесів і ефектів взаємодії газової та рідинної фаз за наявності мікробіологічних клітин і їх участі у енерго- і масообмінних процесах є динамічним комплексом, відносно якого до нашого часу вирішено лише окремі локальні задачі в пошуках удосконалення технологій і результативності з точки зору продуктивності, виходу біологічної продукції та її якісних показників [1—4]. Прикладом недосконалості оцінки і спроб моделювання гідродинамічних режимів в газорідинних середовищах є відсутність аналізу впливів їх геометричних параметрів в ізооб'ємних апаратах [5—7]. Разом з тим першим питанням в таких умовах є інтенсивність режимів формування газової фази або аерації, якщо в систему газова вводиться примусово. Пропозиція ж моделювати ситуацію кількістю (об'ємом) газової фази, що за одиницю часу вводиться на 1 м^3 рідинної фази, не може бути прийнятною через відмінності у співвідношеннях висоти середовища і площі його поперечного перерізу. Нівелювати впливи таких співвідношень можливо, використовуючи для оцінки інтенсивності аерації показник приведеної швидкості газової фази. Остання, як відомо, визначається відношенням потоку газової фази, що подається в середовище в $\text{м}^3/\text{с}$, до площі поперечного перерізу в м^2 . Виконання такої умови означає рівність енергетичних витрат в ізооб'ємних апаратах з подоланням відповідних гідростатичних тисків [8; 10].

Вказаний процес аерації має кілька складових термодинамічних трансформацій, відносно яких виникає необхідність чіткого вибору при їх визначенні. Так, стискання вхідного газового потоку в компресорі запропоновано вважати адіабатним, хоча такий вибір все-таки потребує деяких пояснень. Очевидно, що стискання газового потоку означає введення в нього енергії, еквівалентної роботі стискання. Підвищення енергії газового потоку означає зростання його температури, яке не може не відобразитися на температурах циліндра і поршня компресора (або робочих елементів турбокомпресора). Це супроводжується усталеним режимом теплопередачі у навколишнє середовище і частковою втратою енергії газового потоку, у зв'язку з чим стискання останнього може вважатися лише деяким наближенням до адіабатного процесу. При цьому ступінь такого наближення залежить від швидкості

перебігу стискання і часу перебування стиснутого потоку в контактi з навколишнім середовищем, геометрії повітроводів і поверхні контактування.

Віднесення стискання повітря до адіабатного процесу дає змогу визначити всі кінцеві термодинамічні параметри за умови відомих початкових значень тиску і температури [11].

Очевидно, що вказані початкові параметри не будуть стабілізованими, як і параметри навколишнього середовища, а діапазон їх відхилення повинен урахуватися у зв'язку з обмеженнями нестабільності температур на вході в культуральне середовище.

Наступна термодинамічна операція пов'язана з охолодженням газового потоку в режимі ізобарного процесу. Вона має подвійне призначення як з точки зору інтересів відведення з системи теплоти біологічного синтезу, так і з точки зору можливості стабілізації температури вхідного в технологічний апарат повітряного потоку.

Кількість відведеної теплоти визначається величиною масового потоку газової фази, що проходить через культуральне середовище, його теплоємністю і різницею кінцевої та початкової температур. Відповідно до теплового балансу кількості відведеної теплоти і теплоти біологічного синтезу між собою рівні, а ознакою такої рівності є стабілізована температура культурального середовища.

Номинальна температура культивування мікроорганізмів є відомою, що дає змогу визначити можливий діапазон в межах T_{\min} і T_{\max} . При цьому початковим умовам P_1 і T_1 відповідають залежності $T_{2\max} = T_{2\max}(P_{\max})$ і $T_{2\min} = T_{2\min}(P_{\min})$. Тобто для адіабатного процесу маємо:

$$T_{2\max} = T_1 \left(\frac{P_{2\max}}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (1)$$

Звідси
$$P_{2\frac{\max}{\min}} = P_1 \sqrt[k]{\frac{T_{2\frac{\max}{\min}}}{T_1}} \quad (2)$$

Оскільки маємо поєднання адіабатного та ізобарного процесів, що виконуються в обумовленій послідовності, то доцільно оцінити діапазони змін початкових термодинамічних параметрів. Значення величин P_1 відповідають барометричним тискам і тому їх відхилення від середніх значень вкладаються в межі 2...4%, тоді як значення початкових температур можуть мати добові відхилення 15...20°C, а сезонні — 50...60°C. Прогнозовані впливи цих відхилень мають враховуватися в системах стабілізації температур. Графічне відображення взаємозв'язків параметрів наведено на рис. 1.

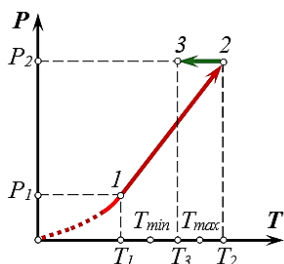


Рис. 1. Діаграма залежності $P = P(T)$ відображення процесів адіабатного стискання та ізобарного охолодження повітря в системах аерації культуральних середовищ для вирощування мікроорганізмів

Початковим параметрам P_1 та T_1 на діаграмі P — T відповідає точка 1, а адіабатне стискання повітря відображено відрізком 1—2. Точці 2, що відповідає завершенню цього стискання, відповідають параметри P_2 та T_2 . Оскільки значення T_2 перевищує допустимий параметр T_{\max} , то це означає необхідність охолодження газової фази, що відображується на діаграмі відрізком 2—3. Цей процес є ізобарним, оскільки має виконуватися умова

$$P_2 > \rho gh + P_0, \text{ Па}, \quad (3)$$

де ρ — питома маса рідкого культурального середовища, кг/м^3 ; g — прискорення вільного падіння, м/с^2 ; h — висота рідинної фази, м .

Положення точки 3 на ізобарі обирається одночасно на ізотермі, початок якої відповідає значенню T_3 в межах величин T_{\min} і T_{\max} .

Наступною технологічною й одночасно термодинамічною операцією є матеріальна трансформація безперервного газового потоку з утворенням в рідинній фазі диспергованої газової фази. Її здійснення досягається барботажним процесом, а енергетичний потенціал забезпечується трансформацію кінетичної енергії газових потоків. При цьому мають місце енергоматеріальні зміни двох видів.

По-перше, досягається утворення диспергованої газової фази і енергетичні витрати стосуються утворення міжфазної поверхні F :

$$E_F = \sigma F, \text{ Дж} \quad (4)$$

де σ — коефіцієнт поверхневого натягу, Дж/м^2 .

Потужність газового потоку визначається його масовою характеристикою і швидкістю:

$$W_{\text{кін}} = m \frac{V^2}{2}, \text{ Вт}, \quad (5)$$

де m — масовий потік газу, кг/с .

Диспергування вхідного газового потоку можливо оцінювати суто механічним процесом, на який накладається енергетична трансформація у двох формах. Це, як відмічалось, стосується енерговитрат на утворення міжфазної поверхні і, по-друге, при розбіжності температур рідинної фази і стиснутого повітря має відбутися їх вирівнювання.

Феноменологічні міркування приводять до висновку, що вирівнювання температур у зв'язку зі значним рівнем дисперсності фази має відбутися достатньо швидкоплинно за відносно обмежених змін швидкостей спливання газової фази в обмежених координатах. Це означає, що енергообмін у таких умовах може вважатися ізобарним процесом. Вирівнювання температур у цих умовах означає початок режиму охолодження рідинної фази. В основі швидкоплинності цієї частини енергообміну лежить високий рівень турбулентності газорідинного середовища. Останнє накладає відбиток на цю локальну зону і на перехідний процес спливання газової фази. Однак очікувана ефективність теплообміну за час перебування бульбашок в цій зоні приводить до вирівнювання температур. Від цього моменту газова фаза має вважатися такою, яка перебуває в ізотермічних умовах. У наступному процесі спливання диспергована газова фаза у зв'язку зі зниженням гідростатичного тиску розширюється, що забезпечує подальший перебіг процесу охолодження культурального середовища.

На основі останніх міркувань маємо можливість продовжити побудову графіків процесів в координатах P — T (рис. 2).

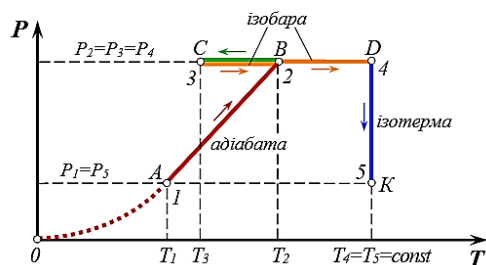


Рис. 2. Діаграма термодинамічних трансформацій газової фази в процесах аерації культуральних середовищ в координатах P — T : 1—2 — адіабатне стиснення повітря компресором; 2—3 — ізобарне охолодження стиснутого повітря; 3—4 — ізобарне нагрівання диспергованої газової фази в період утворення міжфазної поверхні; 4—5 — ізотермічне розширення диспергованої газової фази

Загальне розташування діаграми в площині координат P — T залежить від початкових координат точки A . Якщо технологічний апарат виконано негерметичним, то протитиск у ньому відсутній. Це означає, що за показниками тиску початкова і кінцева координати збігаються.

Функціональне навантаження щодо охолодження середовища досягається в ізобарному процесі, пов'язаному з утворенням диспергованої газової фази та в ізотермічному процесі розширення останньої. Розширення газової фази пов'язане з її спливанням і відповідним зниженням гідростатичного тиску.

В окремих випадках [1—5] з метою інтенсифікації масообмінних процесів здійснюються пульсації тисків газової фази над об'ємом газорідного середовища. Такі пульсації знаходять відповідне й еквівалентне відображення в кожній довільно обраній зоні середовища і сприяють активному оновленню міжфазної поверхні в її змінах. Проте зміна розмірів і об'ємів диспергованої газової фази є далеко не єдиним результатом відгуку системи на зміни тисків. Вторинним результатом у зв'язку зі змінами об'єму газової фази мають бути зміни газотримувальної здатності середовища, загальної гідродинаміки, пов'язаної з циркуляційними контурами, абсолютної швидкості спливання газової фази тощо. У загальному випадку наявність змінних тисків на діаграмі $T = T(V)$ має відобразитися на ізотермі 4—5 і визначати коливальні зміни газотримувальної здатності (рис. 3).

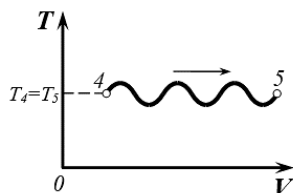


Рис. 3. Діаграма до змін газотримувальної здатності залежно від $P_0 = P_0(\tau)$, де τ — час перебігу процесу

При цьому відхилення температури T є мінімізованими, оскільки процес залишається наближеним до ізотермічного, хоча залежно від швидкості зміни тиску

$P_0 = P_0(\tau)$ в ньому можна помітити ознаки адіабатного процесу. Очевидно, що при цьому певна роль належить і закону зміни зовнішньому для системи тиску. Наявність останніх має прояв на молекулярному рівні масообміну, пов'язаному із законом Генрі і розчинністю газів.

Відомо, що аерація культуральних середовищ пов'язана з таким переліком завдань:

- забезпечення аеробного режиму синтезу біомаси доставкою кисню в середовище;
- відведення синтезованого діоксиду вуглецю;
- відведення теплоти біологічного синтезу і стабілізація температурних параметрів системи;
- гомогенізація середовища.

Тож на особливості термодинамічних трансформацій газової фази в різних формах накладаються більш тонкі процеси масо- і теплообміну, синтезу біомаси, фізико-хімічні характеристики середовищ, показники осмотичних тисків зокрема.

Оцінку взаємовпливів названих параметрів можливо здійснювати на комплексному врахуванні їх наявності. Очевидно, що динаміка генерування біологічної теплової енергії закладається технологічною схемою, в основу якої покладається певний біологічний параметр. Останнім може бути швидкість приросту біомаси за відомої її концентрації. Це означає можливість визначення динаміки споживання живильних речовин, енерговиділення споживання розчиненого кисню, утворення діоксиду вуглецю.

Стабілізація температурних параметрів може здійснюватися завдяки використанню різних технологічних прийомів. Це може досягатися використанням сорочок охолодження або охолодженням притоку води з компонентами живлення або за рахунок досліджуваної в цій роботі системи. Очевидно, що придатними до використання можуть бути і комбінації з різних систем. Однак необхідність стискання аераційного повітря дає змогу використати термодинамічні наслідки цього процесу саме для охолодження культуральних середовищ.

Важливою перевагою у випадку останнього вибору є можливість досягнення стабілізації температури культурального середовища без використання проміжних матеріальних носіїв теплових потоків. Очевидно, що підвищення температури повітря в режимі його стискання в адіабатному процесі надає можливість охолодити його наближено до початкової температури навколишнього середовища.

Сполучення ідеалізованих газових трансформацій приводять до послідовного переліку: адіабатного стискання повітря; ізобарного охолодження, ізобарного нагрівання, ізотермічного розширення.

Для можливості оцінки впливу різних початкових і кінцевих умов на кінцеві параметри системи виконаємо розрахунки з визначення кінцевої температури, роботи стискання, зміни внутрішньої енергії та ентропію для 1 кг повітря. Показник адіабати прийемо $k = 1,4$.

Нехай початковий тиск повітря складає $p_1 = 100$ кПа, температура — $t = 27^\circ\text{C}$, кінцевий тиск прийемо з градацією 4 м в.ст., тобто $p_2 = 140; 180; 220; 260; 300$ кПа. При цьому початковий об'єм газової фази складає $0,861$ м³.

Результати розрахунків представлено у вигляді графіків на рис. 4—8.

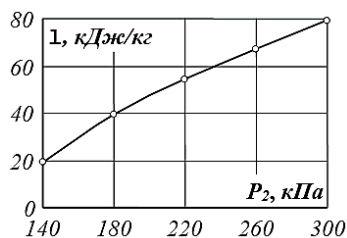


Рис. 4. Графік залежності роботи стиснення 1 кг повітря від $P_1 = 100$ кПа до значення P_2

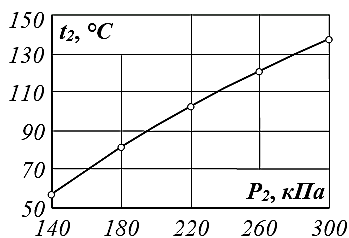


Рис. 5. Графік залежності температури стиснутого газу при $t_1 = 27^\circ\text{C}$ і $P_1 = 100$ кПа від кінцевого тиску P_2

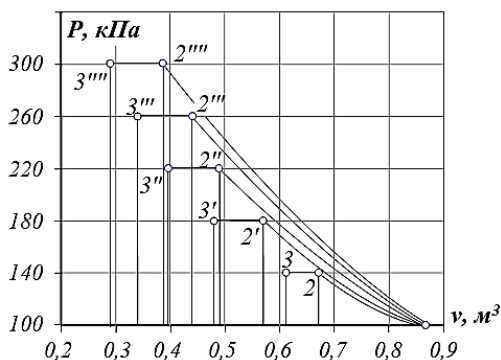


Рис. 6. Графік залежності $p = p(v)$ для етапів адиабатного стиснення та ізобаричного охолодження до $t = 303$ К

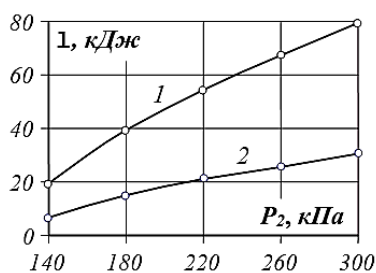


Рис. 7. Графік роботи адиабатного стиснення повітря (1) та роботи на підтримання тиску за ізобаричного охолодження (2)

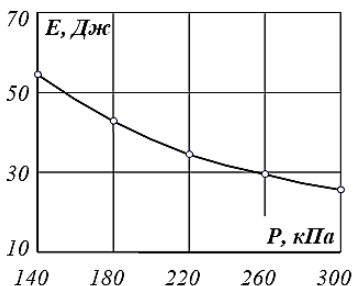


Рис. 8. Графік залежності енергії створення міжфазної поверхні від тисків

Висновки. З наведених графічних узагальнень результатів розрахунків випливає:

- в адиабатному процесі стиснення внутрішня енергія повітря зростає і чисельно дорівнює роботі стиснення. Питома робота стиснення і температура повітря є нелінійними функціями рівня стиснення газової фази. При цьому чисельні значення температур навіть за тиску 140 кПа і тим паче за 180 кПа вказують на необхідність

охолодження газових потоків за умови оптимальних температур життєдіяльності мікроорганізмів;

- ізобаричне охолодження стиснутого повітря супроводжується помітними енергетичними витратами, які в межах змін тиску від 140 до 300 кПа складають від 33 до 39% енерговитрат на адіабатне стискання і одночасно дає змогу організувати температурну стабілізацію середовищ на рекуперативному рівні;

- рівень дисперсності газової фази, що утворюється в процесі взаємодії вхідного повітряного потоку і рідинної фази, залежить від швидкості їх контактування. У зв'язку з останнім рекомендується вибір геометричних і кінематичних параметрів здійснювати таким, щоб забезпечувати вказану швидкість контактування 25...30 м/с.

- в ізотермічному процесі спливання газової фази у зв'язку з розширенням останньої має місце висотне збільшення газоутримувальної здатності середовища і зростання загального рівня об'ємного напруженого стану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколенко А. І. Енергоматеріальні трансформації в харчових технологіях на основі замкнутих контурів / Соколенко А. І., Чагайда А. О., Піддубний В. А. — Київ: Кондор, 2015. — 300 с.

2. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях / Соколенко А. І. та ін. — Київ: Фенікс, 2011. — 536 с.

3. Sokolenko A. Process parameters of aerobic synthesis of microorganisms / Sokolenko A., Koval O. // Scientific development and achievements. — 2018. — Volume 5. — P. 319—333.

4. Соколенко А. І. Енергетичні імпульси в харчових технологіях / А. І. Соколенко, А. А. Палаш, І. Ф. Максименко // Наукові праці НУХТ. — 2012. — № 47. — С. 73—78.

5. Лензійон С. В. Розвиток методів розрахунку і обладнання транспортно-технологічних систем у виробництві шампанських вин: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. / Лензійон С. В. — Київ: НУХТ, 2011. — 167 с.

6. Mandal A. Characterization of gas-liquid parameters in a down-flow jet loop bubble column / A. Mandal // Brazilian Journal of Chemical Engineering. — 2010. — 27(2), DOI: 10.1590/S0104-66322010000200004.

7. Піддубний В. А. Наукові основи і апаратурне оформлення перехідних процесів харчових і мікробіологічних виробництв: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.12. / Піддубний В. А. — Київ: НУХТ, 2007. — 421 с.

8. Коваль О. В. Удосконалення процесів і модернізація обладнання бродильних виробництв: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. Коваль О. В. — Київ: НУХТ, 2016. 174 с.

9. Енергетичні потенціали газорідинних середовищ / Соколенко А. І. та ін. // Наукові праці НУХТ. — 2018. — Том 24, № 1. — С. 108—118.

10. Шевченко О. Ю. Наукові основи і апаратурне оформлення процесів довгострокового зберігання харчових продуктів: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.12. / Шевченко О. Ю. — Київ: НУХТ, 2006. — 43 с.

11. Буляндра О. Ф. Збірник задач з технічної термодинаміки / Буляндра О. Ф. — Київ: НУХТ, 2015. — 394 с.

СОЗДАНИЕ И ПОДДЕРЖАНИЕ ЭНЕРГО- МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СРЕДАХ

**К. В. Васильковский, И. Ф. Максименко,
А. О. Чагайда, В. А. Поддубный, Ю. А. Ступак**
Национальный университет пищевых технологий

Статья касается особенностей создания и поддержания энерго- и массообменных процессов в газожидкостных средах с различными технологиями образования газовой фазы. Относительно аэробных сред сформулирован перечень процессов,

которые действуют в соответствии с законами термодинамики. Приведен анализ особенностей взаимодействия жидкостных и газовых фаз. Показано, что газодерживающая способность среды является определяющей характеристикой, формирует одновременно энергетические и силовые параметры и динамику массообменных и энергообменных процессов. В процессах подготовки воздуха доказана целесообразность охлаждения сжатой газовой фазы для последующего рекуперационного использования в режимах температурной стабилизации сред параллельно с основным технологическим заданием доставки кислорода для аэробного процесса. Показаны перспективы интенсификации массообменных процессов в условиях переменных давлений над средами с газовой фазой для создания в таких системах колебательных процессов.

Ключевые слова: аэробное брожение, газожидкостные среды, массо- и энергообмен, газодерживающая способность, колебательный процесс.

УДК 621.798

DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS FOR ENSURING THE SUSTAINABILITY OF THE TRANSPORT PACKAGING BY METHODS OF INCREASING THE FRICTION FORCES BETWEEN LAYERS OF PACKAGED ITEMS

A. Derenivska, L. Kryvoplias-Volodina, S. Tokarchuk
National University of Food Technologies

Key words:

transport package,
transport package making
machine,
strapping means,
sustainability,
layer

Article history:

Received 31.08.2020
Received in revised form
10.09.2020
Accepted 30.09.2020

Corresponding author:

anastasya.d@gmail.com

ABSTRACT

The problem of ensuring reliable sustainability and strength of transport packages is a priority in the system of end-to-end transportation of packaged items.

The sustainability of the transport package depends on: the method of stacking packaged items on the pallet; physical and mechanical parameters of packing material and means of packing forming; methods and means of strapping the transport package; accuracy of operations of transport package making machine; strength of transport package and consumer packaging, that limits height the transport packages.

The goal of the research was to determine the characteristic parameters that ensures the mutual movement of packaged items and ensure the sustainability of the transport package during loading and unloading transporting operations and storage operations. The subject of research was new packaging material, a cardboard flat for preventing slipping packed items, "Non-Slip Safety Grip for Pallets". Tasks of the research — analysis of existing and selection of rational packaging technologies, development of the force loading scheme for transport package layers; determination of friction forces and inertial components for packed item layers during transporting operations; determination of the limit values of the friction coefficients, which arise between the packed item layers of and will ensure the stability of the transport package.

Using this method of increasing the friction force between packaged item layers allows us to make a rationally choice to prevent the sliding of packaged item layers, to introduce a simplified scheme of the technological process, and to reduce the time of the kinematic cycle. There is no need to use different methods of stacking packaged item on the pallet and to spend time for using additional strapping material for the transport package.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-14

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПАКЕТІВ МЕТОДАМИ ПІДВИЩЕННЯ СИЛ ТЕРТЯ МІЖ ШАРАМИ ТАРНИХ ВАНТАЖІВ

А. В. Деренівська, канд. техн. наук

Л. О. Кривопляс-Володіна, д-р техн. наук

С. В. Токарчук, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Проведене дослідження з використанням методу підвищення сил тертя між шарами тарних вантажів дає змогу визначити характерні параметри, які забезпечуватимуть взаємне переміщення тарних вантажів, забезпечуватимуть стійкість пакета за умови виконання навантажувально-розвантажувальних транспортно-складських робіт, підібрати відповідний пакетувальний засіб, спростити схему технологічного процесу пакетування та зменшити час кінематичного циклу пакетоформувальної машини.

Ключові слова: транспортна упаковка, пакетоформувальні машини, засоби скріплення, стійкість, шар.

Постановка проблеми. Найбільш поширений і продуктивний метод організації переміщення харчової продукції, що дає змогу комплексно механізувати весь процес навантажувально-розвантажувальних транспортно-складських робіт, а також вилучити зайві операції, скоротити простій і підвищити продуктивність транспортних засобів і перевантажувальних механізмів — це пакетування.

Пакетування передбачає об'єднання (формування) вантажів у транспортний пакет, тобто створення вантажної одиниці вкладанням тарних вантажів (коробок, ящиків, мішків, групових упаковок у термоусаджувальній або розтягувальній плівці) з продукцією на піддон, що забезпечує їхню цілісність і збереження [1; 2].

Для проведення технологічної операції пакетування використовуються пакетоформувальні машини, які повинні забезпечувати безперебійне пакетування тарних вантажів відповідно до продуктивності дозувально- фасувального та іншого обладнання і внутрішньозаводських транспортних систем; автоматичне вкладання вантажів у щільні пакети із заданими розмірами без ушкоджень упаковки і продукту; автоматичну подачу порожніх піддонів у зону патентування; скріплення пакетів і забезпечення їх стійкості в процесі доставки вантажу від відправника до споживача; накопичення готових пакетів на конвеєрі видачі для забезпечення безперебійної і злагодженої роботи навантажувально-розвантажувальних засобів.

Якість процесу пакетування оцінюють стійкістю — здатністю пакета зберігати надану йому форму та геометричні розміри протягом усього циклу навантажувально-розвантажувальних транспортно-складських робіт.

Стійкість транспортного пакету залежить від:

- способу вкладання вантажних одиниць на піддоні;
- механічних параметрів матеріалів засобів використаних під час пакування та пакетування;
- способу скріплення транспортного пакета;
- точності виконання операцій у пакетоформувальній машині.

На стійкість пакета впливає також його міцність, яка пов'язана, перш за все, з міцністю групової та споживчої упаковки, що обмежує висоту стопи або штабеля в пакеті.

Проблема забезпечення надійної стійкості і міцності транспортних пакетів є першочерговою в системі наскрізних перевезень вантажів. Для скріплення транспортних пакетів (рис. 1) та надання їм стійкості застосовують одноразові або багатообігові конструкції.

Аналіз засобів скріплення показує, що багатообігові засоби (стропи, стяжки, касети тощо) мають низку недоліків: характеризуються більшою вартістю, трудомісткістю під час виготовлення та потребують ремонту; повернення постачальнику продукції, що ускладнює їх використання. До того ж під час використання багатообігових засобів скріплення на сьогодні не повністю вирішене питання механізованого й автоматизованого скріплення пакетів. Це значною мірою знижує ефективність застосування багатообігових засобів скріплення. Особливо це відчутно в умовах серійного та масового виробництва.

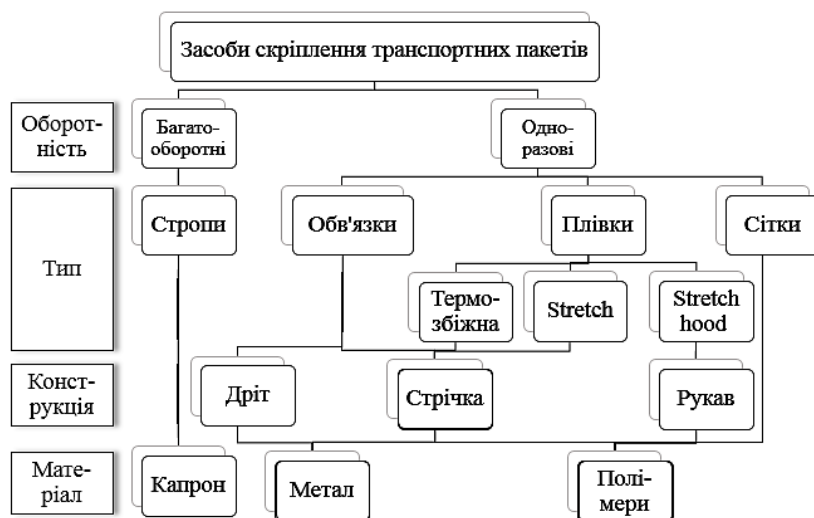


Рис. 1. Класифікація засобів скріплення транспортних пакетів

Одноразові засоби скріплення пакетів (сталеві та полімерні стрічки, клеї, дріт, термоусаджувальна та розтягуювальні – Stretch, Stretchhood, – плівки, сітки з полімерних стрічок) більш широко використовуються завдяки їх різноманітному асортименту.

Найбільш ефективним, з точки зору надійності скріплення транспортних пакетів, захисту виробів від шкідливих дій зовнішнього середовища, універсальності, економічно доцільним і ресурсоощадним є спосіб із застосуванням розтягуювальних плівок.

Технології на їх основі потребують значно менших, ніж при термоусаджуванні, енерговитрат і полімерної сировини.

Однак використання для пакетоформування розтягуювальної плівки має і ряд недоліків [3]:

1. Найкраще скріплює пакети тільки правильної геометричної форми (це 85% від загального обсягу).

2. Напруження розтягу, що виникає в плівці, змінюється в часі по експоненті, а вона працює в умовах постійного значення відносного видовження. Поступово зусилля стягування буде зменшуватися, і тим швидше, чим вище температура навколишнього середовища, адже зі збільшенням температури релаксаційні процеси прискорюються. Тому слід враховувати що, при підвищенні температури під час перевезення щільно скріпленого транспортного пакета розтягувальною Stretch плівкою, можна отримати його деформацію або руйнування спричинені зменшенням величини зусилля стягування [4].

3. Підвищення ресурсо- та енерговитрат, за умови забезпечення потрібної цності, шляхом накладання додаткового числа шарів.

4. Необхідність забезпечення точного виконання технологічного процесу пакетоформування робочими органами та пошуку їх оптимальних параметрів.

5. Необхідність підбору плівки залежно від багатьох факторів (параметрів зміни умов навколишнього середовища, режимів і параметрів роботи робочих органів пакетоформувальної машини).

Види можливих змін форми транспортного пакета, скріпленого різними засобами пакування, зумовлені впливом інерційних складових під час транспортування зображені на рис. 2. Ці зміни (найчастіше деформації) можуть бути не тільки пластичними, а й еластичними (пружними), тобто коли при припиненні впливу інерційної сили форма транспортного пакета відновлюється без пошкодження вантажу всередині. Більш того, пластична деформація може бути незначною, коли після припинення дії інерційної сили форма відновлюється, але не повністю, хоча й без критичних деформацій тарних вантажів всередині.

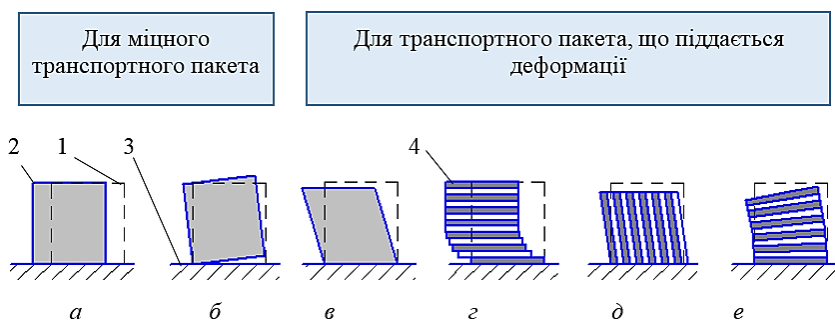


Рис. 2. Вид можливих змін форми транспортного пакета під дією сил інерції:

а — ковзання, *б* — перекидання, *в* — зміна форми, *г* — зсування, *д* — нахил, *е* — зминання;
 1 — початкова форма групи тарних вантажів на піддоні, 2 — зміна форми групи тарних вантажів на піддоні, 3 — поверня піддону, 4 — шар тарних вантажів

При переміщенні зміна форми транспортного пакета відбувається за рахунок зміни силового навантаження: сили інерції шару тарних вантажів; сил тертя між шарами вантажів; сили тертя між пакетом і опорною поверхнею піддона. Для вище розглянутих засобів і технології пакування існує ймовірність зміщення тарних вантажів, їх шарів, групи тарних вантажів відносно піддону та справедливе тверд-

ження: якщо сили інерції перевищують сили тертя, можливе зміщення шарів вантажів у пакеті або загалом пакета відносно опорної поверхні піддона. Для забезпечення переміщення вантажних одиниць у пакеті можна використовувати їх склеювання між собою. Такий метод значно ускладнює технологічний процес розбирання пакета, вантажі при розбиранні пошкоджуються і втрачають товарний вигляд.

Існує інший метод надання стійкості пакета не за рахунок стягування групи вантажів різними пакувальними засобами. Цей метод забезпечує стійкість пакета шляхом збільшення сил тертя між шарами та між шаром і опорною поверхнею піддона. На сьогодні він є єдиним, що мало досліджений і таким, що забезпечує від зміщення тарні вантажі із збереженням їхньої цілісності.

Мета статті: дослідження та визначення характерних параметрів, які забезпечують взаємне переміщення тарних вантажів і забезпечують стійкість пакета за умови виконання навантажувально-розвантажувальних транспортно-складських робіт.

Розвиток пакувальних матеріалів і технічного оснащення пакувальної галузі зробив можливим розширення сфери засобів для скріплення транспортних пакетів. Була розроблена прокладка для запобігання ковзанню Non-SlipSafetyGripforPallets, яка використовується для підвищення стійкості транспортних пакетів за рахунок зменшення або усунення переміщення тарних вантажів в шарах. Цього вдалося досягти, покривши обидві сторони паперу акрилом на водній основі, щоб надати протиковзальні характеристики (рис. 3). Кут тертя ковзання вантажних одиниць по поверхні прокладки Non-Slip заявлено 50° [5].



Рис. 3. Схема скріплення транспортного пакета за допомогою прокладки Non-SlipSafetyGripforPallets:

1 — гофроящик; 2 — піддон; 3 — прокладки для запобігання ковзанню продукції

Матеріали і методи. *Матеріал дослідження* — прокладки для запобігання ковзанню вантажів та надання стійкості транспортного пакета без використання додаткових засобів скріплення: розтягувальної стрічки, термозбіжної стрічки, ху-дожньої стрічки, строп, клею тощо.

Предмет дослідження — зміна значень сил тертя між шарами продукції залежності від кінематичних і динамічних параметрів переміщення транспортного пакета.

Необхідна умова переміщення транспортного пакета з використанням прокладки проти ковзання Non-Slip — взаємне переміщення вантажних одиниць в пакеті не повинно відбуватись. Відповідно до умови можна зробити припущення, що шари продукції є суцільним тілом.

Результати досліджень. Під час проведення дослідження була розроблена схема силового навантаження на шари продукції (рис. 4) для забезпечення їх стійкості за допомогою сил тертя, які виникають між ними та прокладками Non-SlipSafetyGripforPallets.

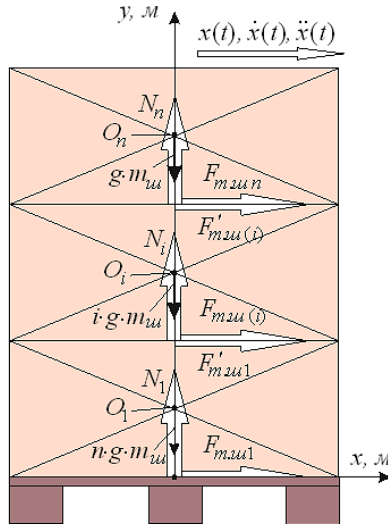


Рис. 4. Схема силового навантаження на шари тарних вантажів у транспортному пакеті

Силове навантаження яке діє на шари тарних вантажів у пакеті:

Сила тертя ковзання між шаром і прокладкою Non-Slip:

$$\begin{cases} F_{m,u1} = f_{m,k} \cdot n \cdot m_u \cdot g, \\ F'_{m,u1} = F_{m,u2} = f_{m,k} \cdot (n-1) \cdot m_u \cdot g, \\ F'_{m,u2} = F_{m,u3} = f_{m,k} \cdot (n-2) \cdot m_u \cdot g, \\ \dots \\ F'_{m,u(i)} = f_{m,k} \cdot (n-i) \cdot m_u \cdot g, \\ F_{m,u(i)} = f_{m,k} \cdot (n-i+1) \cdot m_u \cdot g; \end{cases} \quad (1)$$

де $F_{m,u1}, F_{m,u2}, F_{m,u3} \dots F_{m,u(i)}$ — сила тертя ковзання між низом шару та прокладкою Non-Slip, H ;

$F'_{m,u1}, F'_{m,u2}, F'_{m,u3} \dots F'_{m,u(i)}$ — сила тертя ковзання між верхом шару та прокладкою Non-Slip, H ;

$i = 1, 2 \dots n$ — порядковий номер шару, починаючи від піддону;

n — кількість шарів у транспортному пакеті.

Сила інерції шару тарних вантажів:

$$F_{in1} = F_{in2} = F_{in3} = \dots = F_{in(i)} = m_u \cdot a_{\max} \quad (2)$$

де m_u — маса шару в транспортному пакеті, $кг$;

a_{\max} — максимальне прискорення(динамічне навантаження), яке виникає під час проведення навантажувально-розвантажувальних транспортно-складських робіт:

$$a_{\max} = k_{\delta} \cdot g \quad (3)$$

k_{δ} — коефіцієнт динамічного навантаження (див. табл.).

Таблиця. Коефіцієнт динамічного навантаження

Частки від величини навантаження g , m/c^2	k_{δ}
Переміщення автотранспортом	1,5
Переміщення повітряним транспортом	3,5
Переміщення водним транспортом	1
Вплив при виконанні перевантажувальних операцій	3,5

Необхідна умова виконання навантажувально-розвантажувальних транспортно-складських робіт із збереженням стійкості транспортного пакета:

$$F'_{m.ш(i)} + F_{m.ш(i)} \geq F_{ін(i)}. \quad (4)$$

Використовуючи необхідну умову (4) та системи рівнянь (1), (2) та (3), можна визначити необхідні значення коефіцієнтів тертя ковзання, що утримуватимуть різні шари транспортного пакета та забезпечуватимуть його міцність і стійкість:

$$\begin{cases} f_{m.к1} = \frac{k_{\delta}}{2n-1}; \\ f_{m.к2} = \frac{k_{\delta}}{3-2n}; \\ \dots \\ f_{m.к(i)} = \frac{k_{\delta}}{1-3 \cdot i + 2 \cdot n}, \end{cases} \quad (5)$$

Результати проведеного математичного моделювання представлені графіками на рис. 5—8.

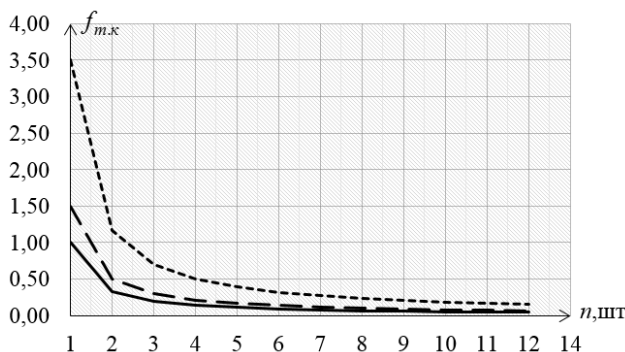


Рис. 5. Графік зміни необхідного значення коефіцієнта тертя ковзання для першого шару вантажних одиниць, що забезпечуватиме його стійкість, залежно від загальної кількості шарів у транспортному пакеті та динамічного навантаження на пакет:

————— $k_{\delta}=1$; - - - - $k_{\delta}=1,5$; $k_{\delta}=3,5$

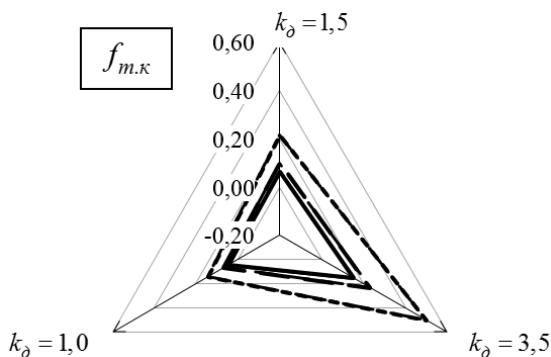


Рис. 6. Графік зміни необхідного значення коефіцієнта тертя ковзання для першого шару вантажних одиниць, що забезпечуватиме його стійкість, залежно від загальної кількості шарів у транспортному пакеті та динамічного навантаження на пакет:
 _____ $n = 12$; - - - - - $n = 8$; $n = 4$.

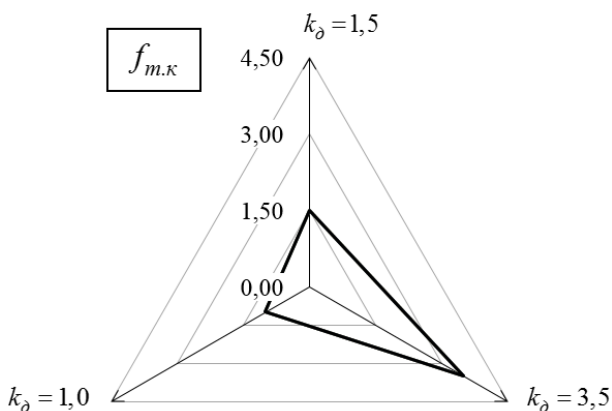


Рис. 7. Графік зміни необхідного значення коефіцієнта тертя ковзання для верхнього шару вантажних одиниць, що забезпечуватиме його стійкість

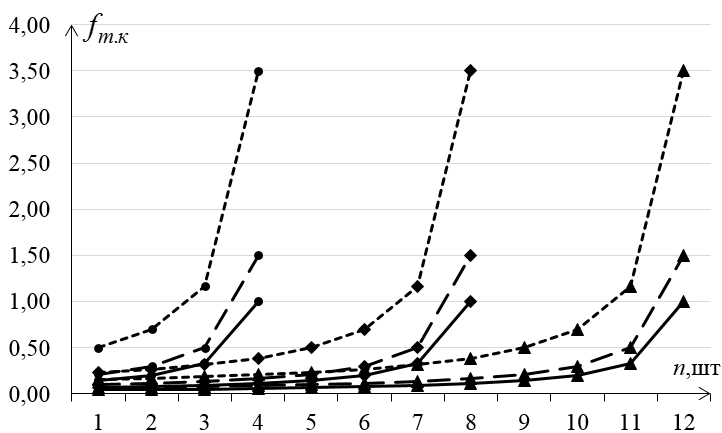


Рис. 8. Графік зміни сил тертя в між шарами продукції при переміщенні транспортного пакета з динамічним навантаженням:
 $k_{\delta} = 3,5$; - - - - - $k_{\delta} = 1,5$; _____ $k_{\delta} = 1,0$

Заявлений коефіцієнт тертя ковзання вантажних одиниць по прокладці становить $tg(50) = 1,19$. Згідно з проведеними дослідженнями (рис. 5—8), під час виконання перевантажувальних операцій слід уникати високих динамічних навантажень, а при транспортуванні автотранспортом, повітряним транспортом слід користуватися додатковими пакувальними засобами (наприклад, повітряними пакетами). Ці обмеження також справедливі і для інших видів скріплення транспортного пакета, тому використання прокладок Non-Slip є перспективним і технологічно виправданим.

Висновок. Визначення необхідних коефіцієнтів тертя на різних етапах переміщення, які забезпечуватимуть стійкість шарів продукції в транспортному пакеті, дасть змогу раціонально підібрати вид прокладки для запобігання ковзанню цих шарів, спростити схему технологічного процесу пакування і зменшити час кінематичного циклу: не потрібно використовувати різні способи укладки в шарах продукції та витратити час на зняття додаткових засобів скріплення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гавва О. М. Скріплення транспортних пакетів стрічками (матеріали, технології та обладнання) / О. М. Гавва, А. П. Беспалько // Упаковка. — 2014. — № 5. — С. 45—50. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upakovka_2014_5_11.
2. Беспалько А. П. Обладнання для скріплення транспортних пакетів (стан, перспективи, тенденції розвитку) / А. П. Беспалько, О. М. Гавва, С. В. Токарчук // Упаковка. — 2010. — № 2. — С. 54—58. — Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/3757>.
3. Беспалько А. П. Термоусаджувальна та розтягувальна плівки у пакуванні. Що вибрати? / А. П. Беспалько, О. М. Гавва, С. В. Токарчук // Упаковка. — 2015. — № 3. — С. 12—15. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upakovka_2015_3_4.
4. «Обманчивая» стретч-пленка. — Режим доступу: <http://www.baif.by/stati/kreplenie-gruzov-obmanchivaya-stretch-plenka-1/>.
5. RETHINK PALLETIZATION. UseGripSheets. — Режим доступу: <https://www.Gripsheet-america.com/>.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПАКЕТА МЕТОДАМИ ПОВЫШЕНИЯ СИЛ ТРЕНИЯ МЕЖДУ СЛОЯМИ ТАРНЫХ ГРУЗОВ

А. В. Дереновская, Л. А. Кривопляс-Володина, С. В. Токарчук
Национальный университет пищевых технологий

Проведенное исследование с использованием метода повышения сил трения между слоями тарных грузов позволяет определить характерные параметры, которые будут предупреждать взаимное перемещение тарных грузов, обеспечивать устойчивость пакета при условии выполнения погрузочно-разгрузочных транспортно-складских работ, выбрать соответствующее средство пакетирования, упростить схему технологического процесса пакетирования и уменьшить время кинематического цикла пакетоформирующей машины.

Ключевые слова: транспортная упаковка, пакетоформирующая машина, средства крепления, устойчивость, слой.

УДК 621.87

RESEARCH OF INJECTION DEVICES STRUCTURE INFLUENCE TO THE DYNAMICS WORK OF LINEAR MOTORS IN MECHATRONIC MODULES OF PACKING MOVEMENT

M. Iakymchuk, L. Kryvoplias-Volodina, S. Myronenko, V. Yakymchuk
National University of Food Technologies

Key words:

linear motor,
mechatronic module,
vacuum,
lever,
combined gripper

Article history:

Received 01.09.2020
Received in revised form
17.09.2020
Accepted 25.09.2020

Corresponding author:

mykolaiaiakymchuk.2016@
gmail.com

ABSTRACT

The article considers the possibility of using electric tracers of linear motion in packing equipment to perform operations of displacements of packages using different designs of gripping devices. It is established that the main factor of output of the control system of the mechatronic module with a linear motor from a steady mode of operation is the elastic vibrations of gripping devices with packaged food products, which together form additional perturbations. The obtained experimental harmonic graphs showed that the value of maximum acceleration is a component of the characteristics of inertial and driving forces and significantly affect the quality of implementation of a given law of motion.

It has been investigated that the control system operates without fail when the amplitude of the first harmonic is greater than the amplitude of all others, that is, when the driving force is greater than the inertia force. As soon as the amplitude of any of the other harmonics becomes greater than the amplitude of the first, that is, the inertial component increases, the control system begins to respond to such perturbation. An attempt is made to control the "model-observer" to compensate for the action of inertia, which leads to the appearance of additional self-oscillations. As a result of the imposition of external oscillations on the internal oscillations, they accumulate and become non-attenuating. According to the results of experimental studies, a mathematical and statistical model of determining the time of the process of raising and lowering the structural elements of group packing by a mechatronic module with a linear motor was obtained.

According to the results of studies of possible ways of counteracting the influence of elastic vibrations on the operation of a mechatronic module with a linear motor, it is proposed to limit their influence by establishing additional elements of compensation in the design of gripping devices.

The results obtained can be used to design mechatronic modules for moving packages using different designs of gripping devices.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-15

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЙ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА ДИНАМІКУ РОБОТИ ЛІНІЙНИХ ДВИГУНІВ У МЕХАТРОННИХ МОДУЛЯХ ПЕРЕМІЩЕННЯ УПАКОВОК

М. В. Якимчук, д-р техн. наук

Л. О. Кривопляс-Володіна, д-р техн. наук

С. М. Мироненко,

В. М. Якимчук

Національний університет харчових технологій

У статті розглядається можливість використання слідкувальних електричних приводів лінійного переміщення в пакувальному обладнанні для виконання операцій лінійних переміщень упаковок з використанням різних конструкцій захоплювальних пристроїв. Встановлено, що основним фактором відхилення роботи системи керування мехатронним модулем з лінійним електродвигуном від номінального режиму роботи є пружні коливання захоплювальних пристроїв, які є причиною додаткових збурень. За результатами досліджень можливих способів протидії впливу пружних коливань на роботу мехатронного модуля з лінійним електродвигуном запропоновано встановлення додаткових елементів компенсації в конструкції захоплювальних пристроїв. Отримані результати доцільно використовувати для синтезу мехатронних модулів переміщення упаковок з використанням різних конструкцій захоплювальних пристроїв.

Ключові слова: лінійний двигун, мехатронний модуль, вакуум, важіль, графік коливання.

Постановка проблеми. Однією з типових технологічних операцій в пакувальному обладнанні є переміщення упаковок. Традиційно для її виконання використовуються робочі органи, які виконують зворотно-поступальний рух. У новому поколінні пакувального обладнання передбачається, що така операція буде реалізовуватись мехатронними модулями з попередньо заданими законами руху та можливістю зупинки робочого органу в проміжних точках ходу. За результатами аналізу конструкцій типових механізмів і пристроїв переміщення встановлено, що в них використовуються пневматичний привод та електричний привод з різними видами передач. Останнім часом в електроприводах усе частіше використовується лінійний двигун [1], який забезпечує переміщення робочих органів та упаковок в операціях зіштовхування, піднімання та опускання в горизонтальній і вертикальній площинах.

Для визначення перспектив впровадження електричних приводів лінійного переміщення в пакувальному обладнанні був проведений огляд їх конструкцій та зроблений аналіз наукових праць. Так, у [2—5] розглянуто конструкції лінійних приводів, наведено методики їх розрахунку. Недоліком цих робіт є відсутність рекомендацій підбору лінійних приводів для обладнання пакувальної індустрії, де існують суттєві обмеження динаміки процесів переміщення шляхом впливу додаткових навантажень від упаковок. У [6—9] наведено дослідження динаміки технічних систем, викликаної пружними властивостями її елементів, та наведені розрахункові схеми у вигляді двомасової коливальної системи. У той же час у мехатронних системах для групового пакування виникає необхідність враховувати не тільки пружні, але й інерційні зв'язки.

Результати проведеного аналітичного дослідження наведені в табл. 1 у вигляді порівняльного аналізу різних типів приводів у пакувальному обладнанні.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика лінійних мехатронних модулів з пневматичними та електромеханічними приводами

Характеристики привода	Пневматичні приводи	Приводи з пасом	Приводи з передачею гвинт-гайка ковзання	Приводи з передачею гвинт-гайка кочення	Лінійний двигун
Навантаження	++	++	++	+++	++
Хід	+++	+++	++	++	+++
Швидкість	++	+++	+	++	+++
Прискорення	++	+++	+	+	+++
Точність зупинки	++	++	+++	+++	+++
Шум	++	+++	++	++	+++
Жорсткість	++	++	+++	+++	+++
Ціна	+++	++	++	++	++
Гнучкість переналадження	+++	+++	+++	+++	+++

Примітка: «+» — оцінка параметра «добре»; «++» — оцінка параметра «дуже добре»; «+++» — оцінка параметра «відмінно».

За результатами дослідження можна стверджувати, що перспектива — за розвитком електропривода з лінійним двигуном, який має ряд суттєвих переваг над іншими видами приводів.

Мета статті: дослідження впливу захоплювальних пристроїв на динаміку роботи лінійних двигунів у процесі переміщення мехатронними модулями упаковок з харчовим продуктом.

Результати і обговорення. Розглянемо операції піднімання та опускання упаковок мехатронним модулем лінійним двигуном і захоплювальним пристроєм у вертикальній площині. Вид захоплювального пристрою залежить від розмірів упаковок, її матеріалу, ваги, виду харчового продукту тощо. Способи кріплення захоплювального пристрою до мехатронного модуля з лінійним двигуном суттєво впливають на динаміку його роботи. Найбільш використовуваними захоплювальними пристроями є вакуумні, важільні, комбіновані. Розрахункові схеми мехатронного модуля з лінійним двигуном з кожним видом захоплювального пристрою наведено на рис. 1. Так, схему з вакуумним захоплювальним пристроєм, який має гофрокільця, можна представити у вигляді тримасової моделі (рис. 1, а), яка складається з маси механізму m_M , маси вантажу m_B і маси частин приводу m_D та двох пружних зв'язків, одним з яких — жорсткість конструкції механізму c_M , інший — жорсткість підвісу механізму захоплення вантажів c_B .

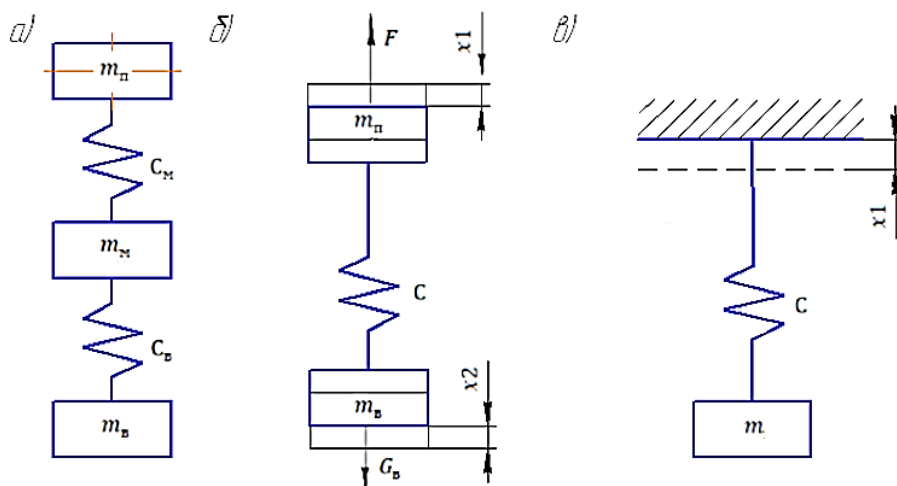


Рис. 1. Схеми модуля переміщення з лінійним двигуном: з вакуумним (а), механічним (б) і комбінованим (в) захоплювальними пристроями

Найбільш поширеною схемою є використання механічного захоплювального пристрою або вакуумного захоплювача без гофрокілець. Ураховуючи жорсткість конструкції таких пристроїв і відсутність гнучких елементів у системі з'єднання, розрахункову схему було зведено до двомасової моделі (рис. 1, б), замінивши жорсткість пристрою захоплення c_B і механізму c_M приведеною жорсткістю:

$$c = c_M \cdot c_B / (c_M + c_B). \tag{1}$$

Рушійною силою під час піднімання приведеної маси механізму m_M є сила F , а силою опору, яка діє на масу m_B , є вага вантажу G_B . Рух захоплювального пристрою з вантажем почнеться за умови $F > G_B$.

Перехідні процеси, які виникають під час розгону і гальмування захоплювального пристрою з вантажем за умови несталого руху системи врахуємо надлишковою силою, величина якої буде змінна в часі :

$$F - G_B = f(t). \tag{2}$$

З урахуванням рівняння (1) рух мас m_M та m_B запишемо в такому вигляді:

$$m_M \ddot{x}_1 + c(x_1 - x_2) = f(t); \tag{3}$$

$$m_B \ddot{x}_2 - c(x_1 - x_2) = -G_B, \tag{4}$$

де x_1, x_2 — координати мас m_M та m_B .

Після відповідних перетворень отримаємо рішення системи рівнянь (3) та (4) у такому вигляді:

$$\ddot{x}_1 = A_1 \sin \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t + B_1 \cos \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t + \phi_1(t); \tag{5}$$

$$\ddot{x}_2 = A_2 \sin \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t + B_2 \cos \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t + \phi_2(t), \quad (6)$$

де $\phi_1(t), \phi_2(t)$ — приватні рішення системи, які залежать від режимів розгону та гальмування захоплювального пристрою й описуються функцією $f(t)$;

A_1, A_2, B_1, B_2 — сталі диференціювання.

Двічі інтегруючи рівняння (5) та (6), отримаємо координати мас m_1 та m_2 :

$$x_1 = A_1 \frac{m_M m_B}{c(m_M + m_B)} \sin \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \times \\ \times - B_1 \frac{m_M m_B}{c(m_M + m_B)} \cos \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t + \iint \phi_1(t) + C_1 t + D_1; \quad (7)$$

$$x_2 = A_2 \frac{m_M m_B}{c(m_M + m_B)} \sin \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \times \\ \times t - B_2 \frac{m_M m_B}{c(m_M + m_B)} \cos \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t + \iint \phi_2(t) + C_2 t + D_2, \quad (8)$$

де C_1, C_2, D_1, D_2 — сталі інтегрування.

Рівняння (7) та (8) характеризують рух мас m_M та m_B . Знаючи режим запуску системи або її зупинки — $f(t)$ та, відповідно, маючи змогу знайти приватні рішення нерівностей (7) і (8): $\phi_1(t)$ та $\phi_2(t)$, а також користуючись співвідношенням між x_1, x_2 та \dot{x}_1, \dot{x}_2 , з рівнянь (5) та (6) визначимо зведені коефіцієнти:

$$\frac{A_2}{A_1} = \alpha; \quad \frac{B_2}{B_1} = \beta; \quad \frac{C_2}{C_1} = \gamma; \quad \frac{D_2}{D_1} = \delta.$$

Тоді можна записати вирази, що мають однакові коефіцієнти:

$$x_1 = A_1 \frac{m_M m_B}{c(m_M + m_B)} \sin \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t - \\ - B_1 \frac{m_M m_B}{c(m_M + m_B)} \cos \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t + \iint \phi_1(t) + C_1 t + D_1; \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
 x_1 = & -\alpha A_1 \frac{m_M m_B}{c(m_M + m_B)} \sin \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t - \\
 & -\beta B_1 \frac{m_M m_B}{c(m_M + m_B)} \cos \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t + \iint \phi_1(t) + \gamma C_1 t + \delta D_1.
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Якщо в рівняння (9) та (10) підставити початкові та граничні умови роботи системи, то знайдемо конкретні рішення для x_1 та x_2 .

Деформація пружної ланки буде визначено різницею координат:

$$\begin{aligned}
 (x_1 - x_2) = & A_1 \frac{m_M m_B (\alpha - 1)}{c(m_M + m_B)} \sin \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t - B_1 \frac{m_M m_B (\beta - 1)}{c(m_M + m_B)} \\
 & \cos \sqrt{\frac{c(m_M + m_B)}{m_M m_B}} \cdot t + \iint \phi_1(t) - \iint \phi_2(t) + C_1 (1 - \gamma) t + D_1 (1 - \delta).
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

У третій схемі розглядалось піднімання упаковок за допомогою комбінованого захоплювального пристрою. В цій схемі жорсткістю підвіски було знехтувано, оскільки жорсткість металоконструкції комбінованої захоплювальної головки значно вища, а маси m_M та m_B розглядались поєднаними в одну масу m . Така конструкція зводиться до одномасової моделі (рис. 1, в).

Розглянемо процеси, які мають місце в роботі мехатронного модуля з лінійним двигуном під час піднімання або опускання упаковок. Такі процеси описуються системою диференціальних рівнянь електричної і механічної рівноваги, а також рівнянням перетворень електромагнітної енергії в механічну.

Спільність фізичних явищ перехідних процесів дає змогу при виводі рівняння лінійного асинхронного двигуна взяти за основу відому систему диференціальних рівнянь двигуна обертового руху [6; 7]. У лінійній асинхронній машині електромеханічне перетворення енергії відбувається на ділянці, де вторинний елемент має електромагнітний зв'язок зі статором. Розглянемо вплив зміни глибини занурення вторинного елемента на параметри активної частини машини. З умови рівності потужності при обертовому і поступальному русі можемо записати рівняння:

$$M \cdot \frac{1}{P} 2\pi f (1 - S_B) = F \cdot 2\tau \cdot f (1 - S_{II}),
 \tag{10}$$

де S_B і S_{II} — ковзання для обертового і поступального руху, відповідно

$$S_B = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}; S_{II} = \frac{v_0 - v}{v_0}.
 \tag{11}$$

З урахуванням рівнянь 10 та 11 запишемо математичну модель роботи лінійного асинхронного двигуна в системі координат u, v , що рухається в просторі з довільною швидкістю v_k :

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{d\psi_{u1}}{dt} &= u_{u1} - \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha_s \psi_{u1} + \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha_s K_r \psi_{u2} + v_k \psi_{v1}; \\
 \frac{d\psi_{v1}}{dt} &= u_{v1} - \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha_s \psi_{v1} + \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha_s K_r \psi_{v2} + v_k \psi_{u1}; \\
 \frac{d\psi_{u2}}{dt} &= -\frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha_r \psi_{u2} + \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha_r K_s \psi_{u1} + \frac{\pi}{\tau} (v_k - v) \psi_{v2}; \\
 \frac{d\psi_{v2}}{dt} &= -\frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha_r \psi_{v2} + \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha_r K_s \psi_{v1} + \frac{\pi}{\tau} (v_k - v) \psi_{u2}; \\
 F &= -\frac{3 \pi^2 v_0 K_r}{2 \tau^2 \sigma X_s} K (\psi_{u2} \psi_{v1} - \psi_{u1} \psi_{v2}); \\
 \frac{dv}{dt} &= (F - F_c) / m; \\
 v &= dx / dt.
 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

де φ — кут між осями обмоток фаз a і A статора і вторинного елемента, ел. рад; ψ_{u1} і ψ_{v1} — потокозчеплення статора за осями u, v ; ψ_{u2} і ψ_{v2} — потокозчеплення ротора за осями u, v ;

Коефіцієнти системи рівнянь для пуску і гальмування визначаються параметрами двигуна та джерелом живлення в певному режимі роботи. Параметри u_{u1} , u_{v1} виражаються для ЛАД такими рівняннями (25):

$$\left. \begin{aligned}
 u_{u1} &= U_m \cos \left[(v_0 - v_K) \frac{\pi}{\tau} t + \gamma \right] \\
 u_{v1} &= U_m \sin \left[(v_0 - v_K) \frac{\pi}{\tau} t + \gamma \right]
 \end{aligned} \right\}, \quad (13)$$

де U_m — амплітуда фазної напруги; γ — фаза включення напруги.

Аналітичне рішення системи диференціальних рівнянь з метою знаходження залежності сили, швидкості, переміщення вторинного елемента, потокозчеплення та електричних струмів як функції часу можливе за умови використання обчислювальної техніки та математичних методів для системи нелінійних рівнянь.

Для дослідження роботи лінійного двигуна була розроблена та виготовлена експериментальна установка. Схема установки показана на рис. 2. Дослідження характеру впливу коливань на роботу лінійного двигуна проводились у три етапи з масами упаковок $m = 1$ до 4 кг за заданим законом руху (рис. 3), при значеннях прискорення від $a = 2,5$ до 10 м/с².

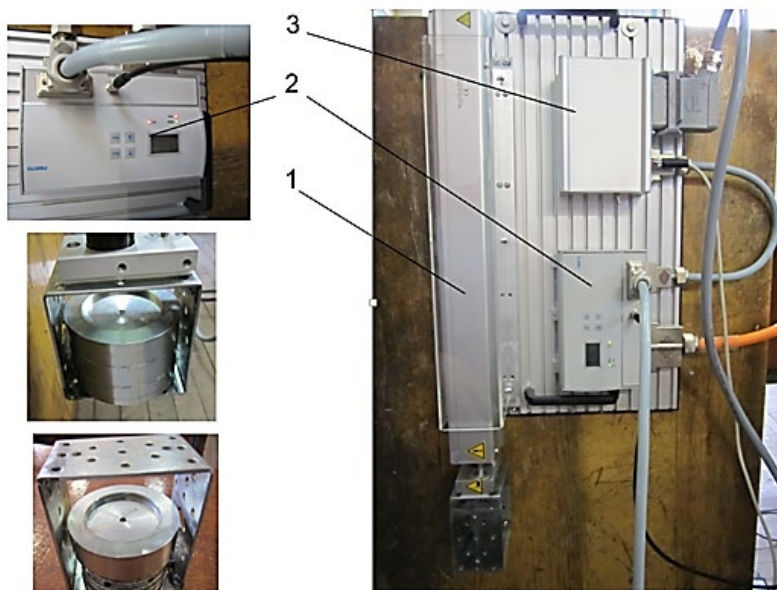


Рис. 2. Загальний вигляд експериментальної установки мехатронного модуля переміщення: 1 — лінійний електродвигун марки HME-16-200; 2 — контролер марки SFC-LAC; 3 — шина для обміну інформації між приводом і контролером; механічний захоплювальний пристрій з вантажем закріпленим жорстко (а) та вакуумний захоплювальний пристрій з вантажем закріпленим м'яко (б)

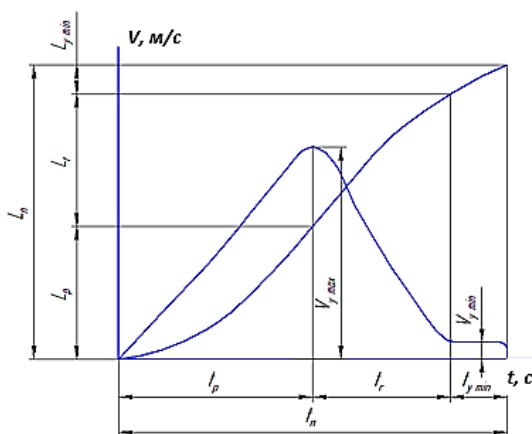


Рис. 3. Загальний вигляд оптимального за швидкодією закону руху робочих органів мехатронного модуля з лінійним двигуном за умови його максимальної продуктивності:

t_n — загальний час переміщення; t_p, t_Γ — час ділянок розгону та гальмування;
 $L_p; L_\Gamma$ — переміщення на етапі розгону та гальмування;
 $L_n; L_{y\min}$ — переміщення на етапі основного руху та позиціонування з відповідними швидкостями $V_{y\max}; V_{y\min}$

Порівняльні результати зміни кінематичних параметрів руху приведеної маси визначені аналітичним та експериментальним шляхом наведені на графіках (рис. 4, 5).

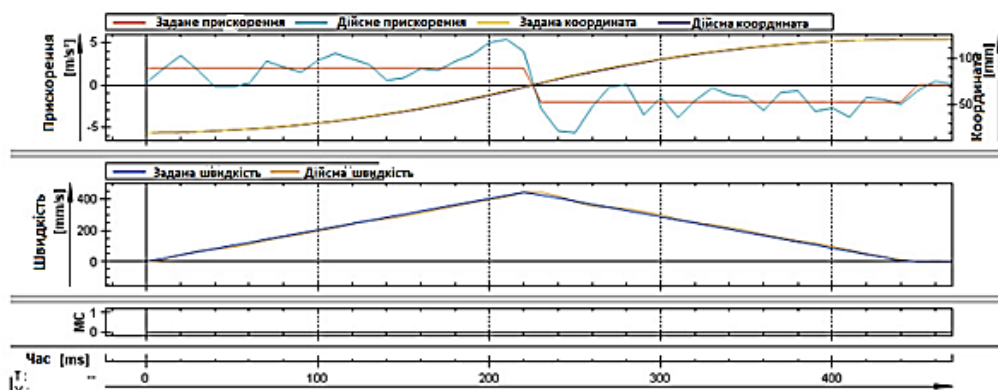


Рис. 4. Зміна кінематичних параметрів приведеної маси під час виконання операції піднімання упаковок вертикально розташованим мехатронним модулем з лінійним електродвигуном при початкових умовах: приведена маса $m = 4$ кг; хід до позиції зупинки по координаті $s = 150$ мм (при максимальному ході 300 мм); максимальне задане прискорення $a = 2,5$ м/с²

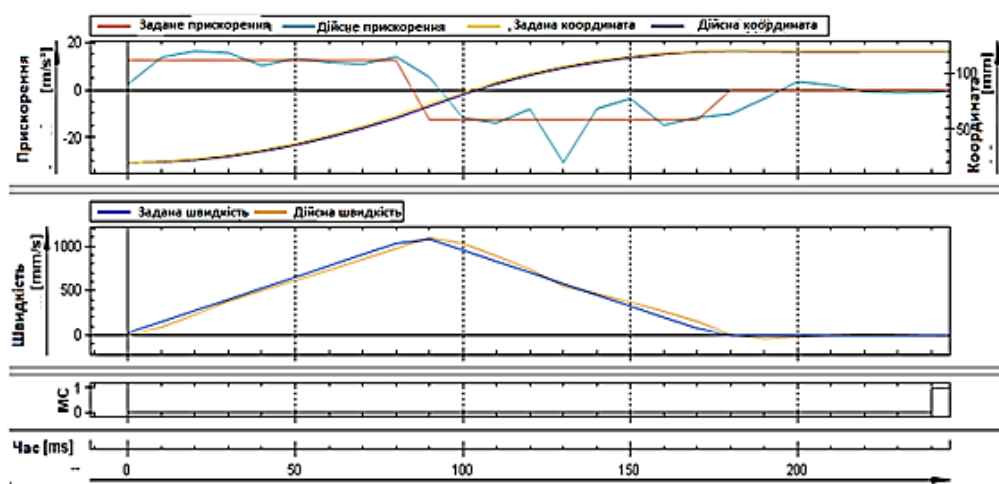


Рис. 5. Кінематичні параметри операції піднімання приведеної маси за оптимальним законом руху вертикально розташованим мехатронним модулем з лінійним електродвигуном при початкових умовах: приведена маса $m = 4$ кг; хід до позиції зупинки по координаті $s = 150$ мм (при максимальному ході 300 мм); максимальне задане прискорення $a = 10$ м/с²

На першому етапі аналізу графіки законів переміщення використовувалося розкладання в ряд Фур'є. Наприклад, загальний час переміщення для графіка рис. 3. становить 0,45 с, який в подальшому ділився на рівні проміжки, надалі спектри, по 10 мс. Для кожного спектра визначалось середнє значення функції. Другий етап передбачав отримання рівняння гармонік для цих спектрів, у такому вигляді :

$$y(t) = A \sin(\omega t + \phi) + B \cos(\omega t + \phi) + R, \quad (12)$$

де A — синусоїдальна складова, B — косинусоїдальна складова, R — постійна складова, φ — фаза, t — час переміщення, ω — кутова частота, яка визначається $\omega = 2 \pi f$.

Для полегшення оброблення результатів використовувалась спеціально розроблена програма «Гармоніки».

На третьому етапі за допомогою програми «MathCad» отримано графічні характеристики зміни гармонік від часу шляхом накладання їх на загальні координати. Результати оброблення експериментальних графіків (рис. 4 і 5) за такою методикою наведено на рис. 6.

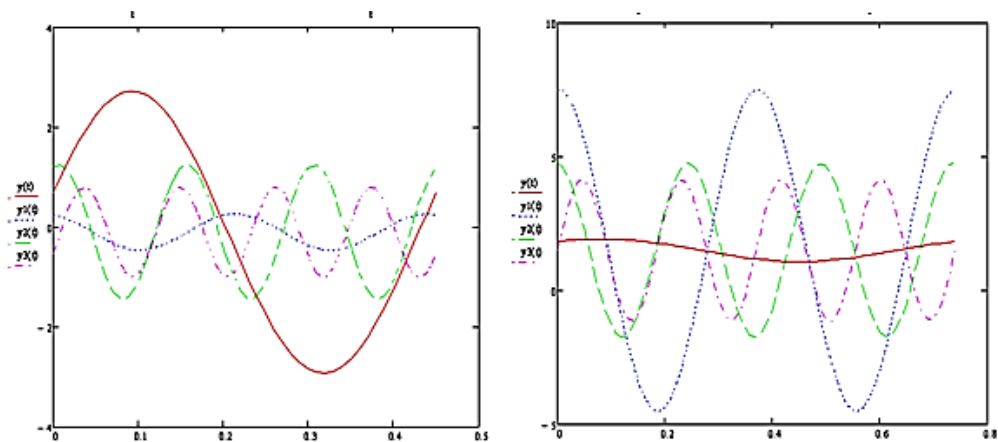


Рис. 6. Аналітичні та графічні характеристики гармонік для операції піднімання приведеної маси за заданим законом руху за умов: а) $m = 4$ кг, $V = 2$ м/с, $a = 2,5$ м/с²; б) $m = 4$ кг, $V = 2$ м/с, $a = 10$ м/с²: $y(t)$ — перша гармоніка, $y_1(t)$ — друга гармоніка, $y_2(t)$ — третя гармоніка, $y_3(t)$ — четверта гармоніка

Для дослідження впливу зовнішніх факторів на час виконання технологічних операцій піднімання та опускання упаковок мехатронними модулями з лінійним електродвигуном був проведений багатофакторний експеримент типу $t = f(a, V, m)$. Основні фактори та рівень їх варіювання були визначені з аналізу типових технологічних процесів формування групової упаковки шляхом укладання структурних елементів у транспортну тару. До них відносяться: a — прискорення приведеної маси, м/с²; V — швидкість руху приведеної маси, м/с; m — маса упаковки, закріплена до штоку лінійного двигуна, кг. Математично-статистична модель, яка адекватна процесу виконання операцій піднімання та опускання структурних елементів групової упаковки мехатронним модулем з лінійним електродвигуном має вигляд:

$$t = 0,643 - 0,0427a - 0,009975V + 0,094m + 0,00085aV - 0,0022am - 0,0105Vm + 0,00521aVm. \quad (13)$$

Висновки. На основі аналізу отриманих результатів можна стверджувати, що основним фактором виходу системи керування мехатронним модулем з лінійним електродвигуном сталого режиму роботи є пружні коливання захоплювальних пристроїв з пакованою харчовою продукцією, які в сукупності утворюють додаткові збурення.

Отримані графіки гармонік показали, що значення максимального прискорення є складовою характеристики інерційних і рушійних сил суттєво впливають на якість реалізації заданого закону руху.

Система керування працює безвідмовно у випадку, коли амплітуда першої гармоніки більша за амплітуду всіх інших, тобто, коли рушійна сила більша, ніж сила інерції. Як тільки амплітуда будь-якої з решти гармонік стає більшою за амплітуду першої, тобто відбувається збільшення інерційної складової, система керування починає реагувати на таке збурення. Відбувається спроба регулятора «моделі-спостерігача» компенсувати дію сили інерції, що приводить до появи додаткових автоколивань. У результаті накладання зовнішніх коливань на внутрішні автоколивання вони додаються і стають такими, що не затухають. У деяких випадках вони наближаються до режиму резонансу, що приводить до аварійної зупинки системи керування.

За результатами досліджень можливих способів протидії таким коливанням можна стверджувати, що нейтралізувати їх вплив на роботу мехатронного модуля з лінійним електродвигуном на рівні схеми його керування є завданням проблематичним і малоефективним. Обмежити вплив коливань можливо лише на рівні модернізації конструкції захоплювальних пристроїв шляхом установлення додаткових елементів компенсації. Нагальним вирішенням проблеми може бути застосування нових конструкцій захоплювальних пристроїв, які за своєю структурою і характеризуються як мехатронні модулі захоплювальних пристроїв із власними електронними системами слідкування та керування, які можуть локалізувати такі коливання.

Аналіз характеру впливу наведених факторів на тривалість виконання операції переміщення свідчать знаки і значення коефіцієнтів в отриманій математично-статистичній моделі (13). Встановлено, що найбільший вплив мають максимальне значення прискорення та маса упаковки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколова Е. М. Цилиндрические линейные асинхронные двигатели / Соколова Е. М., Мощинский Ю. А. — М.: Изд-во МЭИ, 1998. — 26 с.
2. Расчет статических характеристик линейных асинхронных машин: учебное пособие / Ф. Н. Сарапулов, В. А. Бегалов, С. В. Иваницкий и др. — Екатеринбург: УПИ, 1992. — 100 с.
3. Gieras J. F. Linear Induction Drives / J. F. Gieras. — New York: Oxford University Press, 1994.
4. Wisuwat Plodpradistha. Study of Tubular Linear Induction Motor for Pneumatic Capsule Pipeline system: Ph.D. Dissertation/ Plodpradistha Wisuwat; Department of electrical Engineering, University of Missouri. — Columbia, May 2002.
5. Bala Sandeep. Analysis of a linear induction motor with double-sided primary and sheet secondary / Sandeep Bala // Guide: Prof. B. G. Fernandes, B-Tech seminar report, April 2002. — 2002.
6. Грудинин Г. В. Способ динамического гашения крутильных колебаний, основанный на введении дополнительных связей: авт... канд. техн. наук. / Г. В. Грудинин; НЭТИ — Новосибирск, 1977. — 26 с.
7. Драч М. А. Динамический синтез и моделирование в задачах оценки и изменения вибрационного состояния крутильных колебательных систем: дис. ... на канд. техн. наук / М. А. Драч; ИргУПС. — Иркутск, 2006. — 183 с.
8. Елисеев С. В. Динамика механических систем с дополнительными связями / С. В. Елисеев, Л. Н. Волков, В. П. Кухаренко. — Новосибирск: Наука, 1990. — 214 с.
9. Елисеев С. В. Управление колебаниями роботов / С. В. Елисеев, Н. К. Кузнецов, А. В. Лукьянов. — Новосибирск: Наука, 1990. — 320 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗАХВАТЫВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ДИНАМИКУ РАБОТЫ ЛИНЕЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЯХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ УПАКОВОК

М. В. Якимчук, Л. О. Кривопляс-Володина, С. М. Мироненко, В. М. Якимчук
Национальный университет пищевых технологий

В статье рассматривается возможность использования следящих электрических приводов линейного перемещения в упаковочном оборудовании для выполнения операций линейных перемещений упаковок с использованием различных конструкций захватывающих устройств. Установлено, что основным фактором выхода системы управления мехатронным модулем с линейным электродвигателем с установившегося режима работы являются упругие колебания захватывающих устройств с упакованной пищевой продукцией, которые в совокупности образуют дополнительные возмущения. По результатам исследований возможных способов противодействия влиянию упругих колебаний на работу мехатронного модуля с линейным электродвигателем предложено ограничить их влияние путем установления дополнительных элементов компенсации в конструкции захватывающих устройств. Полученные результаты можно использовать для конструирования мехатронных модулей перемещения упаковок с использованием различных конструкций захватывающих устройств.

Ключевые слова: линейный двигатель, мехатронный модуль, вакуумный, рычажный, комбинированный, захватные устройства.

УДК 004.9:004.02:658.5: 637.5

DEVELOPMENT OF THE MODIFIED ITERATION ALGORITHMS TO SOLVE THE PROBLEM OF FORMING THE OPTIMAL VARIANTS OF THE ORDER EXECUTION SCHEDULE

S. Hrybkov, O. Seidykh*National University of Food Technologies***Key words:**

mathematical model,
order scheduling,
an ant colony algorithm,
grey wolf algorithm

Article history:

Received 09.04.2020
Received in revised form
04.05.2020
Accepted 25.05.2020

Corresponding author:

sergio_nuft@i.ua

ABSTRACT

In the article the mathematical model of multi-criterion problem of formation of industrial tasks and operative-calendarendar plans for performance of orders taking into account the basic features of activity of the enterprises on manufacture of sausage and meat products is offered. The mathematical model considers all nuances of activity of the food enterprise and process of planning of performance of orders: terms of storage of raw materials and finished goods; possibility of occurrence and necessity of processing of not confectionary production; features of performance of each separate order; features of use of the process equipment and so forth. To form a generalized target function, an additive convolution of criteria is used. The developed mathematical model allows to form the plan of performance of orders taking into account all operations of technological process at manufacturing of products. Advanced iteration algorithms based on the algorithm of grey wolves and an ant colony algorithm have been developed to solve the problem of forming optimal variants of the schedule of order execution, which provides for reconfiguration of plans in a short time when using them.

The analysis of the conducted results gives an opportunity to assert that algorithms “Modified algorithm of ant colony” and “Modified algorithm of wolf pack” have found the same effective solutions. But they differ in timing. Other algorithms have also found effective alternative solutions, but more time has been spent, which indicates that the task has different alternative solutions. That is why it is desirable to use “Modified algorithm of ant colony” and “Modified algorithm of wolf pack” for tasks with large dimensions and then compare the results.

For greater efficiency, it is also desirable to use a combination of several algorithms to solve a single task, which reduces the execution time of each individual algorithm and will not get into the local optimum when solving the problem.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-16

РОЗРОБКА МОДИФІКОВАНИХ ІТЕРАЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ РОЗКЛАДУ ВИКОНАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ

С. В. Грибков, канд. техн. наук

О. Л. Сєдих

Національний університет харчових технологій

У статті запропоновано математичну модель багатокритеріальної задачі формування виробничих завдань та оперативно-календарних планів з виробництва ковбасних і м'ясних виробів. Розроблено удосконалені ітераційні алгоритми на основі алгоритму сірих вовків та алгоритму мурашиної колонії для розв'язання задачі формування оптимальних варіантів розкладу виконання замовлень, що забезпечує при їх застосуванні реконфігурації планів за короткий час.

Ключові слова: математична модель, планування виконання замовлень, алгоритм мурашиної колонії, алгоритм сірих вовків.

Постановка проблеми. Сучасне підприємство харчової промисловості являє собою складній виробничо-господарський комплекс, у розпорядженні якого є основні виробничі фонди та людські ресурси, необхідні для здійснення виробничих процесів. Насамперед має бути раціонально організований процес виготовлення продукції згідно з потоком замовлень. Основною проблемою для харчових підприємств є невизначеність і швидкі зміни в бізнес-середовищі. Як правило, замовники вимагають виконання своїх замовлень вчасно, в повному обсязі та асортименті.

Складність процесу прийняття рішення про оптимальне виконання замовлень полягає в тому, що необхідно повністю забезпечити потреби замовників, при цьому раціонально використати наявні виробничі потужності та сировинні ресурси, обов'язково забезпечивши виготовлення продукції у задані терміни та в повному обсязі.

Головною особливістю м'ясопереробного виробництва є динаміка різновиду сировини для виготовлення продукції залежно від попиту та обсягу замовлень, що спонукає весь час коригувати виробничі плани, змінні завдання, рецептуру виготовлення без порушень ДСТУ, складність прогнозування виникнення позаштатних ситуацій, визначення коректного технологічного процесу виготовлення продукції та постійне здійснення моніторингу процесу виробництва з метою зниження некондиційної продукції.

Важливість і складність задач прийняття рішень на всіх рівнях управління м'ясопереробним виробництвом обумовлює необхідність проведення досліджень, спрямованих на розроблення використання методів, що базуються на нових методах оптимізації з використання інформаційних систем.

Зважаючи на вищевикладене, актуальним завданням є удосконалення методів управління за рахунок створення спеціалізованих методів підтримки прийняття рішення при оперативному плануванні виготовлення продукції.

Останнім часом отримали розвиток метаевристичні алгоритми, які дають змогу за короткий час вирішувати більшість задач управління складними ієрархічними системами та технологічними комплексами. Але існуючі метаевристичні алгоритми

доцільно модифікувати та адаптувати до задач, пов'язаних з оперативним плануванням виготовлення продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [1] запропоновано інформаційну технологію для розв'язання задачі планування виконання замовлень з виготовлення продукції на харчових підприємствах, яка ґрунтується на комбінуванні алгоритмів мурашиної колонії, сірих вовків і генетичного. Але використані методи висвітлені недостатньо.

У [2] авторами запропоновано математичну модель задачі планування виконання договорів і метод мурашиної колонії для її розв'язання. Але недоліком запропонованого підходу є орієнтованість на підприємства з надання послуг, що не дає змогу врахувати обмеження на обсяги необхідної для виготовлення харчової продукції сировини та пакувальних матеріалів, терміни зберігання готової продукції.

У [3] розглянуто алгоритм планування на основі алгоритму штучної бджолоїної колонії з методом локального пошуку, який базується на основі жадібної конструктивно-деструктивної процедури. Наведений алгоритм не дає змоги врахувати пріоритети часткових критеріїв та обмежень.

У дослідженні [4] наведена математична модель, яка враховує лише деякі критерії ефективності при плануванні виконання операцій на різних технологічних машинах. Але розглянутий метод гілок і границь має складності при вирішенні задач для обладнання, яке використовується паралельно.

У [5] запропоновано структуру нечіткої ситуаційної мережі для системи підтримки прийняття рішень, яку використовують для розв'язання слабкоструктурованих або неструктурованих проблем, а також для опису проблемних ситуацій при відсутності точних моделей. Запропонований підхід [5] забезпечує підвищення якості управління організаційно-технічними (технологічними) системами.

Авторами [6] здійснено дослідження теоретичних підходів планування виробничих процесів, а також виділено чинники, що негативно впливають на процес планування з використанням методів оптимізації.

Метою дослідження є підвищення ефективності управління виробничим процесом на підприємстві виготовлення ковбасних і м'ясних виробів технологом підприємства за рахунок розробки модифікованих ітераційних алгоритмів для розв'язання задачі формування оптимальних варіантів розкладу виконання замовлень.

Для вирішення поставленої мети вирішено такі завдання:

- формалізація та математичне моделювання виконання замовлень на виготовлення ковбасної та м'ясної продукції, що враховує всі критерії впливу на отримання кінцевого прибутку;

- створення та модифікації метаевристичних алгоритмів розв'язання задачі формування оптимальних варіантів розкладу виконання замовлень.

Методи і матеріали. Під час дослідження використано методи теоретичного узагальнення, наукової індукції та дедукції, математичного та структурного аналізів, праці зарубіжних і вітчизняних вчених.

Результати досліджень. Загальна оціночна функція, що визначатиме ефективність варіанту плану для м'ясопереробного підприємства на заданий період, представлена адитивною згортокою часткових критеріїв (1):

$$F'_0 = \lambda_1 F_1 - \sum_{\gamma=3}^7 \lambda_\gamma F_\gamma \rightarrow \max, \quad (1)$$

де λ_γ — коефіцієнт важливості кожного критерію $\lambda_\gamma \in [1]$.

Кожен частковий критерій [7] розглянемо детально.

Першим критерієм є максимальний прибуток, отриманий при виконанні всіх замовлень за плановий період $(t+\Delta t)$ (1):

$$F_1(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n (\theta_i * (sd_i(t + \Delta t) - (vc_i(t + \Delta t) + vz_i(t + \Delta t)))) * op_i(t + \Delta t) \rightarrow \max \quad (2)$$

де t — час початку виконання плану, який позначається датою та часом до хвилини;

Δt — час, за який необхідно виконати всі замовлення в хвилинах;

$(t+\Delta t)$ — плановий період на який розраховується виробничий план;

i — замовлення, що знаходиться на черзі, регламентує один вид продукції, яку необхідно виготовити за період $(t+\Delta t)$;

n — загальна кількість замовлень, які необхідно виконати за період $(t+\Delta t)$;

θ_i — параметр, що приймає значення $\{0,1\}$ ($\theta_i=1$, якщо i -е замовлення виконується за період $(t+\Delta t)$; $\theta_i=0$ в іншому випадку);

$sd_i(t+\Delta t)$ — вартість одиниці продукції для i -о замовлення за період $(t+\Delta t)$;

$vc_i(t+\Delta t)$ — постійні витрати на виготовлення одиниці продукції для i -го замовлення за період $(t+\Delta t)$;

$vz_i(t+\Delta t)$ — змінні витрати на виготовлення одиниці продукції для i -го замовлення за період $(t+\Delta t)$;

$op_i(t+\Delta t)$ — обсяг готової продукції, яку необхідно виготовити за i -м замовленням у період $(t+\Delta t)$.

Другим критерієм є мінімізація часу на виготовлення продукції кожного i -го замовлення за період $(t+\Delta t)$ (3), а також обмеження (4) та (5), що регламентують час виготовлення кожної продукції для i -го замовлення та обмеження на термін закінчення виготовлення продукції, що повинно не перевищувати визначеного терміну:

$$F_2(t + \Delta t) = \max_i (F_{2i}(t + \Delta t)) = \max_i \left(\sum_{j=1}^{\omega_i} \sum_{l=1}^{\sigma_i} (o_{ijl} * (pt_{ijl} + t_{ijl} + \eta t_{ijl} + to_{ij-1})) \right) \rightarrow \min \quad (3)$$

$$t \leq t_i + F_{2i}(t + \Delta t) \leq t + \Delta t \quad (4)$$

$$t \leq t_i - F_{2i}(t + \Delta t) \leq dt_i \quad (5)$$

де $(t+\Delta t)$ — плановий період на який розраховується виробничий план;

i — замовлення, що знаходиться на черзі, регламентує один вид продукції, яку необхідно виготовити за період $(t+\Delta t)$;

j — номер етапу з множини етапів ($j \in \omega_i$) для i -о замовлення, де ω_i — кількість необхідних етапів виготовлення i -го замовлення;

l — номер обладнання з множини обладнання ($l \in \sigma_i$) для i -го замовлення, де σ_i — кількість задіяного обладнання для виконання усіх етапів при виготовленні i -го замовлення;

t_i — час початку виконання виготовлення продукції за i -м замовленням;

pt_{ijl} — час, необхідний для підготовки l -го обладнання для здійснення j -о етапу при виготовленні продукції за i -м замовленням, може приймати нуль, якщо підготовка не потрібна;

η_{ijl} — час для очищення обладнання після j -го етапу виготовлення продукції за i -м замовленням на l -у обладнанні, якщо воно не буде використовуватися найближчим часом;

o_{ijl} — параметр, що приймає значення $\{0,1\}$ ($o_{ijl} = 1$, якщо j -й етап можливо виконати на l -у обладнанні для виготовлення продукції за i -м замовленням; $o_{ijl} = 0$ в іншому випадку);

n — загальна кількість замовлень, які необхідно виконати за період $(t + \Delta t)$;

ω_i — кількість технологічних етапів для виконання i -го замовлення;

σ_i — кількість задіяного обладнання для виконання усіх етапів при виготовленні i -го замовлення;

to_{ij-1} — час переходу/очікування між виконанням j -го етапу до $(j-1)$ етапу;

dt_i — час, за який необхідно виготовити продукцію за i -м замовленням.

Третім критерієм є мінімізація сумарних штрафів за невчасне виконання замовлення за період $(t + \Delta t)$ (6):

$$F_3(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n (g_i * \psi_i * hk_i) \rightarrow \min, \quad (6)$$

де $(t + \Delta t)$ — плановий період на який розраховується виробничий план;

i — замовлення, що знаходиться на черзі, регламентує один вид продукції, яку необхідно виготовити за період $(t + \Delta t)$;

n — загальна кількість замовлень, які необхідно виконати за період $(t + \Delta t)$;

g_i — розмір штрафу прописаний у договорі, який необхідно відшкодувати замовнику, якщо буде порушено dt_i термін виконання замовлення;

Ψ_i — коефіцієнт, що приймає значення $\{0,1\}$, $\Psi_i = 1$ якщо $(t_i + F_2(t + \Delta t)) < dt_i$, $\Psi_i = 0$ в іншому випадку, та визначає необхідність відшкодування замовнику, якщо буде порушено термін виконання dt_i ;

hk_i — коефіцієнт, який враховує необхідність сплати штрафу за запізнення на кожну добу.

Четвертим частковим критерієм є мінімізація сумарних витрат при проходженні усього технологічного процесу через відповідні технологічні ділянки при виконанні замовлень за заданий період $(t + \Delta t)$ (7):

$$F_4(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{\omega_i} \sum_{l=1}^{\sigma_i} \left((o_{ijl} * (pt_{ijl} + t_{ijl} + \eta t_{ijl})) * c_{ijl} \right) \right) \rightarrow \min, \quad (7)$$

де $(t + \Delta t)$ — плановий період на який розраховується виробничий план;

i — замовлення, що знаходиться на черзі, регламентує один вид продукції, яку необхідно виготовити за період $(t + \Delta t)$;

j — номер етапу з множини етапів ($j \in \omega_i$) для i -го замовлення, де ω_i — кількість необхідних етапів виготовлення i -го замовлення;

l — номер обладнання з множини обладнання ($l \in \sigma_i$) для i -го замовлення, де σ_i — кількість задіяного обладнання для виконання усіх етапів при виготовленні i -го замовлення;

pt_{ijl} — час необхідний для підготовки l -го обладнання для здійснення j -го етапу при виготовленні продукції за i -м замовленням, може приймати нуль, якщо підготовка не потрібна;

ηt_{ijl} — час для очищення обладнання після j -го етапу виготовлення продукції за i -м замовленням на l -му обладнанні, якщо воно не потрібно або це необхідно перед проведення ремонтно-профілактичних робіт;

o_{ijl} — параметр, що приймає значення $\{0,1\}$ ($o_{ijl} = 1$, якщо j -й етап можливо виконати на l -му обладнанні для виготовлення продукції за i -м замовленням; $o_{ijl} = 0$ в іншому випадку);

n — загальна кількість замовлень, які необхідно виконати за період $(t + \Delta t)$;

ω_i — кількість технологічних етапів для виконання i -го замовлення;

σ_i — кількість задіяного обладнання для виконання всіх етапів при виготовленні i -го замовлення;

c_{ijl} — витрати за одну годину при здійсненні j -го етапу на l -му обладнанні для виготовлення продукції за i -м замовленням.

П'ятим частковим критерієм є мінімізація витрат на переробку та утилізацію отриманої некондиційної продукції при виконанні усіх замовлень (8):

$$F_5(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{\omega_i} \sum_{l=1}^{\sigma_i} (o_{ijl} * cn_{ijl} * vnk_{ijl} * op(t + \Delta t)) \rightarrow \min \quad (8)$$

де $(t + \Delta t)$ — плановий період на який розраховується виробничий план;

i — замовлення, що знаходиться на черзі, регламентує один вид продукції, яку необхідно виготовити за період $(t + \Delta t)$;

j — номер етапу з множини етапів ($j \in \omega_i$) для i -го замовлення, де ω_i — кількість необхідних етапів виготовлення i -го замовлення;

l — номер обладнання з множини обладнання ($l \in \sigma_i$) для i -го замовлення, де σ_i — кількість задіяного обладнання для виконання усіх етапів при виготовленні i -го замовлення;

n — загальна кількість замовлень, які необхідно виконати за період $(t + \Delta t)$;

ω_i — кількість технологічних етапів для виконання i -го замовлення;

σ_i — кількість задіяного обладнання для виконання всіх етапів при виготовленні i -го замовлення;

o_{ijl} — параметр, що приймає значення $\{0,1\}$ ($o_{ijl} = 1$, якщо j -й етап можливо виконати на l -му обладнанні для виготовлення продукції за i -м замовленням; $o_{ijl} = 0$ в іншому випадку);

$op(t + \Delta t)$ — обсяг готової продукції, яку необхідно виготовити за i -м замовленням у період $(t + \Delta t)$;

cn_{ijl} — вартість перероблення чи утилізації одиниці отриманої некондиційної продукції при виконанні i -го замовлення на l -му технологічному обладнанні;

vnk_{ijl} — загальна кількість некондиційної продукції, отриманої на кожну одиницю продукції під час виконання j -го етапу i -го замовлення на l -му технологічному обладнанні.

Шостим критерієм є мінімізація витрат на зберігання готової продукції до заданого терміну відвантаження (9):

$$F_6(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n (vz_i * op(t + \Delta t) * \max(0, dt_i - (t_i + F_{2i}(t + \Delta t)))) \rightarrow \min, \quad (9)$$

де $(t + \Delta t)$ — плановий період на який розраховується виробничий план;

i — замовлення, що знаходиться на черзі, регламентує один вид продукції, яку необхідно виготовити за період $(t + \Delta t)$;

t_i — час початку виконання виготовлення продукції за i -м замовленням;

n — загальна кількість замовлень, які необхідно виконати за період $(t + \Delta t)$;

$vz_i(t + \Delta t)$ — зміни витрати на виготовлення одиниці продукції для i -го замовлення за період $(t + \Delta t)$;

$op(t + \Delta t)$ — обсяг готової продукції, яку необхідно виготовити за i -м замовленням у період $(t + \Delta t)$;

dt_i — час, за який необхідно виготовити продукцію за i -м замовленням.

Сьомим критерієм є мінімізація витрат на зберігання сировини та матеріалів, що необхідні для виготовлення продукції (10):

$$F_7(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{r_i} (vsr_{ik} * rk_{ik} * op(t + \Delta t) * \max(0, t_i - rt_{ik})) \rightarrow \min, \quad (10)$$

де $(t + \Delta t)$ — плановий період на який розраховується виробничий план;

i — замовлення, що знаходиться на черзі, регламентує один вид продукції, яку необхідно виготовити за період $(t + \Delta t)$;

k — вид сировини (матеріалу) необхідного для виконання i -го замовлення, а загальна його кількість необхідних для виконання i -го замовлення r_i ;

n — загальна кількість замовлень, які необхідно виконати за період $(t + \Delta t)$;

r_i — перелік ресурсів, необхідних для виготовлення продукції за i -м замовленням;

t_i — час початку виконання виготовлення продукції за i -м замовленням;

$op(t + \Delta t)$ — обсяг готової продукції, яку необхідно виготовити за i -м замовленням у період $(t + \Delta t)$;

rk_{ik} — обсяг сировини, необхідний для виготовлення одиниці продукції за i -м замовленням;

rt_{ik} — час надходження k -го компонента для виконання i -го замовлення;

vsr_{ik} — вартість зберігання k -го компонента для виконання i -го замовлення.

Математична модель є комбінаторною багатокритеріальною NP-повною задачею. Вона включає цілу низку обмежень: загальний обсяг виготовлення продукції не повинен бути більшим, ніж потужність підприємства на заданий період; не можливо порушувати вимоги й терміни зберігання сировини та матеріалів; не можливо порушувати вимоги й терміни зберігання готової продукції; на певний проміжок часу дозволено використовувати кожне технологічне обладнання для виготовлення тільки одного виду продукції чи напівфабрикату, адже не можливо використовувати технологічне обладнання для виготовлення водночас різних видів продукції за різними рецептурами та компонентним складом.

Крім того, розроблено два нових модифікованих методи зграї сірих вовків та мурашиної колонії, а також проведено їх порівняння.

Алгоритм зграї вовків заснований на їхньому полюванні в природі [8]. Відповідно до нашої задачі, зграя полює за жертвою, яка відповідає оптимальному оперативному плану виконання замовлень. Кожен вовк зграї відповідає альтернативному оперативному плану L_{it} , де i -те замовлення на ітерації t [9]. Після виконання кожної ітерації для кожного вовка розраховується значення його альтернативного оперативного плану, використовуючи часткові критерії або оціночну функцію F_0' . За значенням оцінки кожного вовка у зграї виділяють чотири типи вовків: «альфа» — ватажок зграї, оцінка якого має найоптимальніше рішення; «бета» та «дельта» — це вовки, які займають друге та третє місце серед найкращих і дуже наближені до оптимального поточного рішення; «омега» — всі інші. Перші три типи вовків фіксуються на наступній ітерації до тих пір, поки не буде знайдено нові альтернативні варіанти рішення, що будуть кращі за поточні, або буде вичерпано задану кількість ітерацій.

При закінченні кожної ітерації t проводимо аналіз «альфа», «бета», «дельта» вовків та виділяємо шаблон W_s — однакові позиції з однаковими значеннями в усіх трьох варіантах. W_s буде використаний для формування «омега вовків» на наступній ітерації. Усі інші потрапляють у шаблон W_z . Шаблон W_s та W_z представляються як

одновимірні вектори, перелік індексів елементів, що не будуть змінюватися, позначаємо J_{ws} , а перелік індексів елементів, що будуть змінюватися, позначаємо J_{wz} .

Необхідно відмітити, що зміни «омега» вовків відбуваються за правилом: усі вовки мають однакову швидкість, що дає змогу на кожній ітерації поміняти місцями тільки два замовлення у послідовності виконання з шаблону W_z .

Вовки, що повністю збігаються із шаблоном, модифікуються за правилом, яке описане формулою (11):

$$\begin{aligned} v &= W_z(j + r * a), \\ W_z(j + r * a) &= W_z(j), \\ W_z(j) &= v \end{aligned} \quad (11)$$

де j — індекс елемента, значення якого буде замінено на значення елемента з індексом $j+r*a$, а його значення генерується випадково $j=rnd(J_{wz})$ з елементів множини J_{wz} ($j \in J_{wz}$, $j+r*a \in J_{wz}$, $0 < j \leq J_{wz}$, $0 < j+r*a \leq n$, де n — кількість замовлень);

r — коефіцієнт, що визначає напрямок руху вовка і визначається з використанням генератора випадкових чисел $r=rnd(-1; 1)$;

a — коефіцієнт розміру кроку вовка, визначається з використанням генератора випадкових чисел $a=rnd(1; 2)$.

Вовки, що тільки частково збігаються із шаблоном, змінюються за наступним алгоритмом: відбувається порівняння поточного W_i із шаблоном W_s та відшукується j_{ai} — індекс елемента в поточному, що не збігається за значенням з елементом в шаблоні $W_i(j_{ai}) \neq W_s(j_{ai})$; знаходимо j_{ai} — індекс елемента у W_i , що дорівнює значенню $W_s(j_{ai})$, тобто $W_i(j_{ai}) = W_s(j_{ai})$ при цьому $j_{ai} \neq j_{ai}$; здійснюємо заміну $W_i(j_{bi}) = W_i(j_{ai})$, а потім $W_i(j_{ai}) = W_i(j_{ai})$.

Авторами пропонується здійснювати розширення популяції вовків на кожній 3 та 5 ітерації алгоритму при формуванні всіх нових вовків за правилом (19). При цьому необхідно відслідковувати загальну кількість вовків популяції, яка не повинна перевищувати $2n$.

В основі алгоритму мурашиної колонії покладено принцип колективного розуму, на прикладі їх поведінки при знаходженні оптимальних маршрутів для пошуку їжі [1; 10] за рахунок того, що відбувається багаторазовий ітераційний пошук найкращої послідовності виконання замовлень одночасно заданою кількістю популяції мурах. При цьому кожна мураха відповідає одному з варіантів розкладу виконання замовлень.

Імовірність переходу i -ї мурахи у вершину b з вершини a на i -й ітерації визначається за формулою (12):

$$P_{a,b}(t, i) = \begin{cases} \frac{[\xi_{a,b}(t, i)]^\alpha * [\eta_{a,b}(t)]^\beta}{\sum_{\ell \in Ln_{a,i}} [\xi_{a,\ell}(t, i)]^\alpha * [\eta_{a,\ell}(t)]^\beta}, & \text{якщо } b \in Ln_{a,i} \\ 0, & \text{якщо } b \notin Ln_{a,i} \end{cases}, \quad (12)$$

де α — коефіцієнт ваги феромону, $0 \leq \alpha \leq 1$, який визначає відносну значимість впливу інтенсивності відміток на вибір шляху, при $\alpha=0$ буде обрано найкоротше ребро, при $\alpha=1$ буде обрано найдовше;

β — коефіцієнт видимості при виборі маршруту, $0 \leq \beta \leq 1$, яка визначає відносну значимість впливу видимості на вибір шляху;

$\alpha + \beta = 1$, при цьому коефіцієнт α визначає жадібність алгоритму, а β — стабільність.

Після завершення маршруту кожна мураха відкладає на кожному ребрі-кількість феромонів, що включені до її маршруту, та відповідає розкладу, що розраховуються за формулою (13):

$$\Delta \xi_{a,b}^{\xi}(t,i) = \begin{cases} \frac{1}{F_0'} * \frac{Q}{S_i(t)}, & \text{якщо } (a,b) \in Lt_i(t) \\ 0, & \text{якщо } (a,b) \notin Lt_i(t) \end{cases}, \quad (13)$$

де a та b — індекси пари вузлів, що поєднують ребро яким пройшов агент;

$Lt_i(t)$ — сформований маршрут на i -й ітерації i -ю комахою;

$S_i(t)$ — довжина маршруту $Lt_i(t)$, яка виражена у часі або у вартості;

Q — регульований параметр, що наближений до оптимального маршруту, що заданий чи розрахований за попередні ітерації;

F_0' — оцінка маршруту згідно з обраним частковим критерієм або оціночною функцією.

Для того, щоб кількість відкладених феромонів не було надлишковою проводиться їх оновлення за формулою (14):

$$\xi_{a,b}(t+1) = (1 - \rho) * \xi_{a,b}(t) + \sum_{i=1}^n \Delta \xi_{a,b}^{\xi}(t,i), \quad (14)$$

де n — кількість мурах, що відповідає кількості замовлень;

$\rho \in [0,1]$ — коефіцієнт випаровування феромону.

Для захисту від передчасного знаходження субоптимального рішення пропонується введення обмежень на концентрацію феромонів на ребрах ($\xi_{\min} \leq \xi_{a,b} \leq \xi_{\max}$).

Оновлення кількості феромонів на ребрах графа буде визначатися за формулою (15):

$$\xi_{a,b}(t+1) = (1 - \rho) * \xi_{u,r}(t) + \Delta \xi_{a,b,best}^{\xi} = (1 - \rho) * \xi_{a,b}(t) + \frac{1}{Lt_{best}(t)}, \quad (15)$$

де $Lt_{best}(t)$ — найкращий сформований маршрут на i -й ітерації.

Після кожної ітерації алгоритму залишає за собою слід лише одна мураха на вибір з двох варіантів: краща на поточній ітерації $Lt_{best}(t) = Lt_{i_best}(t)$; краща за весь час роботи алгоритму $Lt_{best}(t) = Lt_{gl_best}(t)$.

При цьому на кожній ітерації виконується коригування кількості феромону на кожному ребрі графа за формулою (16):

$$\xi_{a,b}(t) = \begin{cases} \xi_{\min}, & \text{якщо } \xi_{a,b}(t) < \xi_{\min} \\ \xi_{a,b}, & \text{якщо } \xi_{\min} < \xi_{a,b}(t) \leq \xi_{\max} \\ \xi_{\max}, & \text{якщо } \xi_{\max} < \xi_{a,b}(t) \end{cases} \quad (16)$$

Використання операцій диверсифікації здійснюється, якщо за час від останньої ініціалізації не сталося покращання глобального рішення на кожні $l_{max}/5$ або $l_{max}/10$ ітерації.

Визначення максимального значення феромонів відбувається за формулою (18):

$$\xi_{\max} = \frac{l}{\rho * Lt_{gl_best}(t)}, \quad (17)$$

де $Lt_{gl_best}(t)$ — краща мураха за весь час роботи алгоритму.

Мінімальне значення концентрації феромону на ребрі обчислюється за формулою (19):

$$\xi_{\min} = \frac{\xi_{\max}}{2 * n}, \quad (18)$$

де n — кількість мурах, що відповідає кількості замовлень.

Отже, після врахування всіх модифікацій алгоритм розв'язку матиме такий вигляд [10]:

1. Обрання періоду планування — згідно із заданим періодом обираються замовлення, що необхідно виконати за цей період на певному обладнанні.

2. Обрання оціночної функції та часткових критеріїв вибору для розв'язання задачі.

3. Формування багатошарового графу.

4. Ініціалізація параметрів алгоритму, обрання правил розрахунку розрахункових параметрів; сортуємо за параметром dt_i усі замовленням.

5. Будуємо початкові маршрути та формуємо популяцію мурах з використанням генератора випадкових чисел.

6. Виконуємо цикл за часом життя колонії $l_{\max} \in 1..l$.

7.1. Виконуємо цикл по всіх мурах $i \in 1..n$ (будується маршрут для кожної нової мурахи за (12) і розраховується довжина $Lt_i(i)$; застосовуємо до маршруту локальний пошук; проводимо виділення феромонів за формулою (15)).

7.2. Проводимо оцінку кожного з маршрутів та порівнюємо їх з локальним й глобальним оптимальним значенням.

7.3. Виконуємо оновлення феромону на всіх ребрах графа (14).

8. Визначення найкращого локального та глобального оптимуму.

Після отримання результату ОПР визначає, чи приймати запропонований варіант виконання замовлень, чи почати новий пошук. Апробація модифікованих алгоритмів і порівняння їх з іншими проводились на основі статистичних даних ТОВ «Слобожанський бекон».

У табл. 1 наведено ряд показників, що відображають ефективність кожного методу при плануванні виконання 150 замовлень.

Таблиця 1. Порівняння застосування алгоритмів

№ п/п	Назва алгоритму	Час пошуку оптимального плану, хв	Кількість ітерацій, здійснених для пошуку	Ефективність знайденого плану, у.о	Скорочення часу виконання замовлень, год
1.	Класичний генетичний алгоритм	47	4371	3217	50
2.	Класичний алгоритм зграї вовків	35	3129	3217	50
3.	Модифікований алгоритм зграї вовків	22	2372	3679	32
4.	Класичний алгоритм мурашиної колонії	34	3879	3126	50
5.	Модифікований алгоритм мурашиної колонії	28	2456	3679	32

Аналіз проведених результатів надає можливість стверджувати, що алгоритми «Модифікований алгоритм мурашиної колонії» та «Модифікований алгоритм зграї

вовків» знайшли однакові ефективні рішення. Але вони відрізняються за часом виконання. Інші алгоритми знайшли також ефективні альтернативні рішення, але було витрачено більше часу, що свідчить про те, що задача має різні альтернативні рішення. Бажано використовувати для задач з великою розмірністю «Модифікований алгоритм мурашиної колонії» та «Модифікований алгоритм зграї вовків», а потім порівнювати результат.

Для більшої ефективності доцільно поєднувати декілька алгоритмів для розв'язку однієї задачі, що дає змогу скоротити час виконання кожного окремого алгоритму і не дасть при розв'язку задачі потрапити у локальний оптимум.

Висновки. За результатами проведених досліджень:

- розроблена математична модель планування виконання замовлень з урахуванням основних особливостей діяльності підприємств з виробництва ковбасних і м'ясних виробів, що дає змогу оцінити формування оптимальних варіантів розкладу виконання замовлень;

- створені суттєво нові модифіковані алгоритм мурашиної колонії та алгоритм сірих вовків, що забезпечують формування альтернативних планів виконання замовлень з урахування запропонованої математичної моделі, застосування яких дає змогу формувати нові та проводити реконфігурації існуючих планів за короткий час.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грибков С. В. Web-орієнтована система підтримки прийняття рішень при плануванні виконання договорів / С. В. Грибков, Г. В. Олійник, В. А. Литвинов // Східно-європейській журнал передових технологій, V 3, № 2(93):2018. С. 13—24. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.132604>.

2. Грибков С. В. Розробка інформаційної технології планування виконання замовлень для харчового підприємства / С. В. Грибков, О. В. Харкянен, В. О. Овчарук, І. В. Овчарук // Східно-європейській журнал передових технологій, V 1, № 3(103):2020. С. 62—73. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.195455>.

3. Rodriguez F. J. An artificial bee colony algorithm for the maximally diverse grouping problem / F. J. Rodriguez, M. C. Lozano, C. I. García-Martínez, J. D. González-Barrera // Information Sciences, 230. 2013. P. 183—196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2012.12.020>.

4. Yang-Kuei Lin Scheduling efficiency on correlated parallel machine scheduling problems // Operational Research. 2018. Vol. 18. Issue 3. P. 603—624. DOI:<https://doi.org/10.1007/s12351-017-0355-0>.

5. Бойко Р. О. Мережеві структури при керуванні складними організаційно-технічними (технологічними) системами / Р. О. Бойко, С. В. Грибков // Харчова промисловість. 2019. № 25. С. 116—123. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khp_2019_25_17.

6. Georgiadis G. P., Elekidis A. P., Georgiadis M. C. Optimization-Based Scheduling for the Process Industries: From Theory to Real-Life Industrial Applications. Processes. 2019. 7. 438. P. 1—35. doi: <https://doi.org/10.3390/pr7070438>.

7. Грибков С. В. Математичне моделювання оперативного планування виготовлення продукції на ТОВ «Слобожанський бекон» / С. В. Грибков, О. О. Фурта // Наукові праці Другої міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні тенденції розвитку інформаційних систем і телекомунікаційних технологій» — К.: НУХТ, 2019. С. 332.

8. Лагунова А. Алгоритм стаи серых волков для задач оптимизации / А. Д. Лагунова // Научно-практический электронный журнал Оригинальные исследования (ОРИС). — 2019. — С. 52—62.

9. Сагун А. В. Метод стаи волков и его модификация для решения задачи поиска оптимального пути / А. В. Сагун, В. В. Хайдуров, В. І. Кунченко-Харченко // Науковий журнал Фізико-математична освіта. — 2017. — С. 135—139.

10. Желдак Т. Застосування методу моделювання колонії мурах до розв'язання комбінаторних задач планування виконання замовлень металургійними підприємствами / Т. А. Желдак // ISSN 1028-9763. Математичні машини і системи. — 2013. — С. 95—106.

РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИТЕРАЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ РАСПИСАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАКАЗОВ

С. В. Грибков, О. Л. Седых

Национальный университет пищевых технологий

В статье предложена математическая модель многокритериальной задачи формирования производственных задач и оперативно-календарных планов по производству колбасных и мясных изделий. Разработаны усовершенствованные итерационные алгоритмы на основе алгоритма серых волков и алгоритма муравьиной колонии для решения задачи формирования оптимальных вариантов расписания выполнения заказов, что обеспечит при их применении проводить реконфигурации планов за короткое время.

Ключевые слова: *математическая модель, планирование выполнения заказов, алгоритм муравьиной колонии, алгоритм серых волков.*

УДК 536.22:62-437

WATER HEAT TRANSFER WITH TRANSVERSE FLOW PIPES AND TUBE BUNDLES

D. Sinat-Radchenko, N. Ivashchenko, S. Vasilenko

National University of Food Technologies

Key words:

water,
pipes,
tube bundles,
transverse flow,
flow regimes,
heat transfer coefficient,
correction

Article history:

Received 09.12.2019
Received in revised form
05.05.2020
Accepted 13.06.2020

Corresponding author:

vinci@ukr.net

ABSTRACT

When water moves around the pipe, a boundary layer of variable thickness is formed on the surface of the pipe by a fluid stream. The change in the magnitude of the heat transfer coefficient α ($W/(m^2 \cdot K)$) along the circumference of the cylinder is primarily determined by the nature of the fluid flow and the value of the Reynolds number $Re = \omega d/\nu$. The boundary layer turbulence begins at $Re > 5$. Heat transfer criteria equation for flow around pipes and tube bundles $Nu = CRe^n Pr^m \Pi \epsilon_i$

Heat transfer depends on the initial turbulence flow substantially. The flow turbulence is stabilized from the third row of the tube bundle. The criterion equations for α were obtained by summarizing the experimental results for the third and subsequent tubular bundles.

The equations for calculating the heat transfer coefficients include the thermo-physical properties of water. For the temperature range $0 \dots 130^\circ C$, which is most used in the food industry, we have obtained simple, accurate calculation formulas (the limit relative error within one percent) for λ, ν, Pr , etc.

We have proposed ready-made formulas for calculating water heat transfer coefficients for different modes of transverse flow in pipes and tube bundles. Numerical examples of calculation of heat transfer coefficients are given.

In the same conditions α in bunch in-line is higher than in bunch staggered, where stagnant zones are formed in the passages between the rows of pipes. The results of the calculations α by the formulas we propose and the calculations α through the corresponding criterion equations coincide practically. Our method does not require the using any tables and interpolations. It facilitates and accelerates the determination of the heat transfer coefficient. It makes the determination of the heat transfer coefficient simpler and faster.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-17

ТЕПЛОВІДДАЧА ВОДИ ЗА ПОПЕРЕЧНОГО ОБТІКАННЯ ТРУБ І ТРУБНИХ ПУЧКІВ

Д. Є. Сінат-Радченко, канд. техн. наук

Н. В. Іващенко, канд. техн. наук

С. М. Василенко, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

На основі узагальнення даних з теплофізичних властивостей води та аналізу її тепловіддачі за поперечного обтікання труб і трубних пучків для інтервалу температур $0 \dots 130^\circ\text{C}$ і різних умов та режимів руху води запропоновано ряд простих, але досить точних формул і числових прикладів для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі без використання будь-яких таблиць та інтерполяції. Це полегшує і прискорює інженерні розрахунки та дає змогу використовувати формули у різноманітних комп'ютерних програмах.

Ключові слова: вода, труби, пучки труб, поперечне обтікання, режими течії, коефіцієнти тепловіддачі, поправки

Постановка проблеми. Поперечне обтікання труб водою широко використовується в різноманітних теплообмінних апаратах. Для збільшення поверхні теплообміну труби збирають у пучки. Розміщення труб у пучках коридорне або шахове. Потік води може рухатись під різним кутом відносно осі труб. Розрахунки тепловіддачі в таких випадках складні і їх бажано та можна спростити.

Метою дослідження є аналіз сучасного стану розрахунків тепловіддачі води за поперечного обтікання труб і трубних пучків та максимальне спрощення цих розрахунків.

Методи дослідження ґрунтуються на основі аналізу факторів, які впливають на величину коефіцієнта тепловіддачі за різних умов руху потоку води, узагальненні теплофізичних властивостей води простими розрахунковими формулами, опис формулами поправкових коефіцієнтів.

Результати досліджень. При обтіканні поодинокі труби потоком рідини на поверхні труби утворюється примежовий шар змінної товщини δ .

Мінімальна товщина шару і відповідно максимальні значення коефіцієнта тепловіддачі α ($\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$) у лобовій точці. Далі δ поступово зростає, а в точці відриву примежовий шар відтісняється вихорами, які утворюються в кормовій частині течії [1; 2].

Зміна α по окружності циліндра передусім визначається характером руху потоку рідини і величиною числа Рейнольдса $Re = \omega d/\nu$, де ω — швидкість потоку рідини в найвужчому перерізі каналу, м/с; d — зовнішній діаметр труби, м; ν — кінематична в'язкість рідини за її середньої температури, $\text{м}^2/\text{с}$. Турбулізація граничного шару починається при $Re > 5$.

Критеріальне рівняння тепловіддачі при обтіканні труб і трубних пучків для краплинних рідин має вигляд [3; 4]:

$$Nu = CRe^n Pr^m Pe_i \quad (1)$$

Тут шуканий критерій Нуссельта (в нього входить α) $Nu = \alpha d/\lambda$, де λ — коефіцієнт теплопровідності рідини, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $Pr = \nu/a$ — число Прандтля, яке характеризує теплофізичні властивості рідини, a — коефіцієнт температуропровідності рідини, $\text{м}^2/\text{с}$; Pe_i — добуток поправок на конкретні умови процесу теплообміну.

Поправка $\varepsilon_q = (\text{Pr}/\text{Pr}_c)^{0,25}$ враховує напрям теплового потоку (нагрівання, охолодження) та величину температурного напору між стінкою і рідиною ($t_c - t$) або ($T_c - T$) (T, K — абсолютна температура).

Вплив числа Прандтля на α для труб і трубних пучків однаковий, він не залежить від величини Re , а $m = 0,36$ ($0,36 + 0,25 = 0,61$). Зі зменшенням кута атаки φ , тобто кута між напрямком потоку рідини і віссю труби α поступово зменшується. Як для поодинокі труби, так і для пучків труб поправку на величину кута атаки (для $\varphi = 30 \dots 90^\circ$) з граничною відносною похибкою у 2,3% можна оцінити за єдиною формулою:

$$\varepsilon_\varphi = (\sin \varphi)^{0,567}. \quad (2)$$

Наприклад, для $\varphi = 30^\circ$ одержимо $\varepsilon_\varphi = 0,675$, а при $\varphi = 50^\circ$ — 0,860.

Стосовно обтікання поодинокі труби при $Re = 5 \dots 10^3$ в рівнянні (1) $C = 0,56$; $n = 0,50$ та $m = 0,36$, а якщо $Re = 10^3 \dots 2 \cdot 10^5$, то $C = 0,28$; $n = 0,60$ та $m = 0,36$.

Коефіцієнт тепловіддачі при обтіканні водою поодинокі труби може бути визначений за формулою:

$$\alpha = C \lambda \omega^n d^{n-1} v^{-n} \text{Pr}^{0,61} \text{Pr}_c^{-0,25} \varepsilon_\varphi. \quad (3)$$

У пучках розміщення труб може бути коридорним і шаховим. Характеристиками пучка є діаметр труб d та відносні відстані між осями труб по ширині пучка S_1/d та по його глибині S_2/d . Поправка ε_s на вплив відносних кроків труб для їх коридорного розміщення:

$$\varepsilon_{sk} = (S_2/d)^{-0,15}, \quad (4)$$

для шахового розміщення

$$\text{при } S_1/S_2 < 2 \quad \varepsilon_{shm} = (S_1/S_2)^{1/6}; \quad \text{при } S_1/S_2 \geq 2 \quad \varepsilon_{shm} = 1,12. \quad (5)$$

Тепловіддача суттєво залежить від початкової турбулентності потоку. Починаючи з третього ряду турбулентність потоку стабілізується. Критеріальні рівняння для α одержані на основі узагальнення експериментальних даних стосовного 3-го і наступних рядів труб пучка. У першому ряду труб тепловіддача дещо менша $\alpha_1 = 0,6\alpha_3$, у другому для шахового пучка $\alpha_{2sh} = 0,7\alpha_3$, для коридорного $\alpha_{2k} = 0,9\alpha_3$.

При визначенні середнього для всього пучка $\bar{\alpha}$ вводиться поправка ε_N , яка враховує кількість рядів труб « n » у пучку. Для коридорного пучка

$$\varepsilon_{Nk} = (n-0,5)/n, \quad (6)$$

для шахового

$$\varepsilon_{Nsh} = (n-0,7)/n. \quad (7)$$

Стосовно коридорного і шахового пучків при $Re = 10^2 \dots 10^3$ маємо $C = 0,56$ і $n = 0,50$ та $m = 0,36$. Коефіцієнт тепловіддачі дорівнює:

$$\bar{\alpha}_k = \bar{\alpha}_{sh} = C \lambda \omega^n d^{n-1} v^{-n} \text{Pr}^{0,61} \text{Pr}_c^{-0,25} \varepsilon_\varphi \cdot \varepsilon_s \cdot \varepsilon_N. \quad (8)$$

Коли в коридорному пучку $Re = 10^3 \dots 10^5$, то $C = 0,22$ і $n = 0,650$ та $m = 0,36$. У цьому ж інтервалі чисел Рейнольдса в шаховому пучку $C = 0,40$ і $n = 0,6$ та $m = 0,36$.

Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі води розглянемо на прикладах за таких вихідних даних: $t = 60^\circ\text{C}$, $t_c = 110^\circ\text{C}$, $d = 0,020$ м, $\omega = 0,5$ м/с, $\varphi = 50^\circ$. Треба знайти α для поодинокі труби та для 8-рядних коридорного і шахового пучків при $S_1 = 2,5d$ та $S_2 = 2d$.

У рівняння розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі входять теплофізичні властивості води [5—7]. Для них стосовно розглядуваного інтервалу температур $0 \dots 130^\circ\text{C}$ запропоновані прості, але досить точні розрахункові формули (гранична відносна похибка в межах одного відсотка).

Теплопровідність води, Вт/(м·К):

$$\lambda = (0,603 - 28,73/(t+100))^{0,5}. \quad (9)$$

Кінематична в'язкість, м²/с:

$$\nu \cdot 10^9 = \exp(3,629 + 436,5/t_p - 5060/t_p^2)^{-1}, \quad (10)$$

де $t_p = t + 100$.

Числа Прандтля:

$$Pr = 10^{-2} \exp(0,3434 - 55,92/T)^{-1}. \quad (11)$$

Число Рейнольдса:

$$Re = 10^9 \omega d / \exp(0,2905 - 42,77/T)^{-1}. \quad (12)$$

За $t = 60^\circ\text{C}$ $\lambda = 0,650$ Вт/(м·К), $\nu = 477 \cdot 10^{-9}$ м²/с, $Pr = 2,98$, $Re = 0,5 \cdot 0,02 / 477 \cdot 10^9 = 2,096 \cdot 10^4 > 10^3$. При $t_c = 110^\circ\text{C}$ $Pr_c = 1,583$.

При обтіканні водою поодинокі труби за формулою (3):

$$\alpha = 0,28 \cdot 0,650 \cdot 0,5^{0,6} \cdot 0,02^{-0,4} (477 \cdot 10^{-9})^{-0,6} \cdot 2,98^{0,61} \cdot 1,583^{-0,25} \cdot 0,86 = 5319 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Вплив відносних кроків труб для коридорного пучка (формула 4) $\varepsilon_{\text{ск}} = (2)^{0,15} = 0,901$, а для шахового (формула 5) розміщення $\varepsilon_{\text{ш}} = (2,5/2)^{1/6} = 1,04$.

Поправка на кількість рядів труб для коридорного пучка $\varepsilon_{\text{Nк}} = (8-0,5)/8 = 0,938$ (за формулою 6), а для шахового (формула 7) $\varepsilon_{\text{Nш}} = (8-0,7)/8 = 0,912$. За формулою (8) середній коефіцієнт тепловіддачі для 8-рядного коридорного пучка:

$$\bar{\alpha}_k = 0,22 \cdot 0,65 \cdot 0,5^{0,65} \cdot 0,02^{-0,35} (477 \cdot 10^{-9})^{-0,65} \cdot 2,98^{0,61} \cdot 1,583^{-0,25} \cdot 0,86 \cdot 0,901 \cdot 0,938 = 5809 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

За аналогічною формулою для шахового пучка:

$$\bar{\alpha}_{\text{ш}} = 0,40 \cdot 0,65 \cdot 0,5^{0,6} \cdot 0,02^{-0,4} (477 \cdot 10^{-9})^{-0,6} \cdot 2,98^{0,61} \cdot 1,583^{-0,25} \cdot 0,86 \cdot 1,04 \cdot 0,912 = 7207 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

В однакових умовах тепловіддача в шахових пучках інтенсивніша порівняно з коридорними, де в проходах між рядами труб утворюються застійні зони.

Результати розрахунків α за запропонованими формулами і розрахунків α через відповідні критеріальні рівняння практично збігаються.

Висновки. Проаналізовано основні варіанти тепловіддачі при поперечному обтіканні водою труб і трубних пучків. Наведено прості і досить точні формули та числові приклади розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі без використання таблиць теплофізичних параметрів води і таблиць поправок. Це полегшує та прискорює розрахунки, надає можливість використовувати формули в різноманітних комп'ютерних програмах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Василенко С. М. Основи тепломасообміну: підручник / С. М. Василенко, А. І. Українець, В. В. Олішевський. — К.: НУХТ, 2004. — 250 с.
2. Кутателадзе С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справочное пособие / С. С. Кутателадзе. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 367 с.
3. Константінов С. М. Теоретичні основи теплотехніки: підручник / С. М. Константінов, С. М. Панов. — К.: «Золоті ворота», 2012. — 592 с.
4. Беляев Н. М. Основы теплопередачи: учебник / Н. М. Беляев. — К.: Вища шк. Головное изд-во, 1989. — 343 с.
5. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник / Под общ. ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 560 с. (Теплоэнергетика и теплотехника: Кн.2).
6. Физические величины: справочник / Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.
7. Свойства материалов и веществ: Вода и водяной пар. Вып.1. Таблицы стандартных справочных данных / ВНИЦМВ. М.: Изд-во стандартов, 1990. — 160 с.

ТЕПЛОТДАЧА ВОДЫ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ОБТЕКАНИИ ТРУБ И ТРУБНЫХ ПУЧКОВ

Д. Е. Синат-Радченко, Н. В. Иващенко, С. М. Василенко

Национальный университет пищевых технологий

На основе обобщения данных по теплофизическим свойствам воды и анализа ее теплоотдачи при поперечном обтекании труб и трубных пучков для интервала температур 0...130°C и различных условий и режимов движения воды предложен ряд простых, но достаточно точных формул (и числовых примеров) относительно расчета коэффициентов теплоотдачи без использования каких-либо таблиц и интерполяции. Это облегчает и ускоряет инженерные расчеты и дает возможность использовать формулы в различных компьютерных программах.

Ключевые слова: вода, трубы, пучки труб, поперечное обтекание, режимы течения, коэффициент теплоотдачи, поправка.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Харчова промисловість» запрошує вас до публікації наукових праць.

Засновник і видавець журналу: Національний університет харчових технологій.

Журнал затверджений наказом МОН України (постанова № 241 від 09.03.2016) як наукове видання з технічних наук.

У журналі висвітлюються результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових виробництв та економіки харчової промисловості.

Обсяг статей — до 15 машинописних аркушів (до 15000 друкованих знаків).

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті мають бути підготовлені з урахуванням Постанови Президії ВАК України № 7-05/6 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». Друкуються наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

До публікації приймаються не опубліковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Усі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді **вичитаних** роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, шрифт Arial або Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word) на електронному носії. На електронному носії не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

На першій сторінці наводяться: у лівому верхньому куті — шифр УДК (напівжирним шрифтом), нижче ініціали і прізвища авторів (напівжирним шрифтом), наукові ступені авторів, назва установи, де працює автор; далі — назва статті великими напівжирними літерами, під назвою — анотація українською мовою з ключовими словами (5—6 слів/ключових словосполучень) набрана світлим курсивом; фраза «**Ключові слова**» — напівжирним шрифтом.

У кінці першої сторінки, під короткою рисою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

Матеріали, представлені у статті, мають бути розділені на основні змістові розділи, такі як: постановка проблеми, огляд літератури, мета досліджень, матеріали та методи, результати досліджень, висновки. Кожен із наведених розділів статті починається з нового абзацу («**Постановка проблеми**», «**Огляд літератури**», «**Мета досліджень**», «**Матеріали і методи**», «**Результати досліджень**», «**Висновки**» — напівжирним курсивом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку згадування в тексті наводиться список літературних джерел (кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання». 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 роботи останніх років.

Прізвища зарубіжних авторів у тексті статті треба наводити в українській транскрипції.

Після списку літератури наводяться: анотація та ключові слова російською мовою; ініціали і прізвища авторів, назва статті великими напівжирними літерами, анотація та ключові слова (Summary) англійською мовою (розмір анотації не менше 1800 знаків, має містити коротку інформацію по кожному із основних змістових розділів); фрази «**Ключевые слова**» та «**Key words**» — напівжирним шрифтом.

Усі анотації мають містити коротку інформацію щодо об'єкта та методик досліджень з наведенням основних результатів роботи та рекомендаціями щодо сфери їх застосування.

Після тексту анотацій та ключових слів наводиться фраза «Одержана редколегією (дата)» (набраним світлим курсивом). За дату одержання статті вважають дату надходження її до редакції.

Роздрукований варіант статті підписують усі автори.

У разі одержання статті, оформленої з порушенням запропонованих вимог, редакція статтю не реєструє. За необхідності доопрацювання статті відповідно до зауважень рецензента авторам направляється екземпляр рукопису, який разом із рецензією, відповідно рецензентові, двома екземплярами виправленої статті та електронним носієм з виправленим текстом слід повернути до редакції.

Таблиці виконувати у Microsoft Office Word в форматі DOC. Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Якщо таблиця одна, то дається тільки заголовок (без слова «Таблиця»). Слово «Таблиця» і номер — курсивним шрифтом, заголовок — напівжирним. Таблиці мають бути закритими — з боковими, нижньою і горизонтальними лініями у полі таблиці.

Ілюстрації мають бути виконані ретельно, в програмі CorelDraw або будь-якому іншому графічному редакторі, на білому папері й розміщені в тексті та в окремих файлах (формати CDR, TIF, JPG; роздільна здатність не менше 300 dpi).

Фотографії друкуються лише у разі крайньої потреби, вони мають бути чіткими, контрастними, виконаними на білому фотопапері, розмірами 6×9 см.

Підписи до рисунків набираються на окремій сторінці або безпосередньо під рисунками прямим шрифтом.

Повторення одних і тих самих даних у тексті, таблицях і на рисунках не допускаються.

Формули вставляються прямо в текст за допомогою редактора формул. Нумерація формул — арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки.

Використовувані в статті фізичні, хімічні, технічні та математичні терміни, одиниці фізичних величин та умовні позначення мають бути загальноприйнятими. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

До статей додаються: виписка з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку; відомості про авторів (прізвище, повне ім'я та по батькові, науковий ступінь, місце роботи, номери контактних телефонів, адреса), кафедральний висновок/експертний висновок (для статей сторонніх організацій), заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань

**Головний редактор журналу: доктор технічних наук, професор
Анатолій Іванович Соколенко.**

**Відповідальний секретар журналу: кандидат технічних наук, доцент
Сергій Володимирович Токарчук.**

**Контактні телефони: міський — (044) 287-92-45, внутрішній — 92-45
E-mail: tmipt_xp@ukr.net**

Наукове видання

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Науковий журнал

№ 27

Журнал «Харчова промисловість» затверджений наказом МОН України (постанова № 241 від 09.03.2016) як наукове видання з технічних наук. Реєстраційне свідоцтво: серія КВ № 6890 від 23.01.2003. Засновник і видавець: Національний університет харчових технологій.

Журнал є продовженням міжвідомчого тематичного збірника «Харчова промисловість», заснованого в 1965 р. Виходить двічі на рік.

Статті друкуються в авторській редакції.

Відповідальний редактор журналу: А.І. Соколенко

Відповідальний секретар: С.В. Токарчук

Комп'ютерна верстка: Т. В. Соколова

Підп. до друку 22.06.2018 р. Формат 70 × 100/16.

Гарнітура TimesNewRoman. Друк цифровий.

Ум. друк. арк. 11,45. Обл.-вид. арк. 12,32.

Наклад 100 прим. Вид. № 07/16. Зам. № 23-16

НУХТ 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.2004