



2019

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 25 № 2

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

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2019

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

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

Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is included into the list of professional editions of Ukraine of technical and economic sciences (Decree of MES of Ukraine # 241 from September 3, 2016), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

Editorial office address:

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

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 12 from 21st of June, 2019

© NUFT, 2019

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

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

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних та економічних наук (Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

Адреса редакції:

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

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 12 від 21 червня 2019 року

© НУХТ, 2019

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор
Editor-in-Chief

Анатолій Українець
Anatoliy Ukrainets

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

Заступник головного редактора
Deputy chief editor

Олександр Шевченко
Olexander Shevchenko

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

Відповідальний секретар
Accountable secretary

Юрій Пенчук
Yuriy Penchuk

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

Члени редакційної колегії:

Агота Гедре Райшене
Agota Giedre Raisiene

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

Атанаска Тенева
Atanaska Teneva

д-р екон. наук, доц., Болгарія
Ph. D. Hab., University of Food Technologies, Bulgaria

Анатолій Зайнчковський
Anatoly Zainchkovskiy

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

Анатолій Ладанюк
Anatoly Ladanyuk

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

Андрій Маринін
Andrii Marynin

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

Брайан Мак Кенна
Brian McKenna

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

Валерій Мирончук
Valerii Myronchuk

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

Василь Кишенько
Vasyl Kyshenko

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

Василь Пасічний
Vasyl Pasichnyi

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

Віктор Доценко
Victor Dotsenko

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

Віктор Стабніков
Viktor Stabnikov

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

Володимир Зав'ялов
Volodymyr Zavialov

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

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

ЗМІСТ

Автоматизація та інформаційні технології

Ладанюк А.П., Власенко Л.О., Луцька Н.М., Смітюх Я.В. Проблема забезпечення стійкості інтелектуальних систем керування технологічними об'єктами

Горілий В.Ю., Мошенський А.О. Програмно-апаратний комплекс для моніторингу торф'яних пожеж на радіоактивно забрудненій території

Біотехнологія і мікробіологія

Пирог Т.П., Никитюк Л.В., Палійчук О.І., Луцай Д.А. Стратегія одержання мікробних поверхнево-активних речовин зі стабільними заданими властивостями

Скороцький С.О., Хоменко Л.А., Підгорський В.С. Альгінат натрію як основа для іммобілізації та концентрування бактерій роду *Clostridium*

Данилюкович А., Білінський С. Застосування нано-SiO₂ в технології виробництва еластичних шкір

Покойовець К.Ю., Грегірчак Н.М. Дослідження пробіотичного покриття для харчових продуктів

Економіка і соціальний розвиток

Бойко С.В., Дячук Я.С. Безпека місцевих бюджетів у контексті бюджетної децентралізації в Україні

Ємцев В.І., Ємцева Г.Ф. Соціально-економічні аспекти виробництва органічної продукції в Україні

Драган О.І. Концептуальний підхід до управління талантами на підприємствах харчової галузі

Бергер А.Д. Методичний підхід до обрання цінової стратегії на підприємствах м'ясопереробної галузі

Мазник Л.В. Соціально-відповідальні трудові практики: контекст працевлаштування

Процеси і апарати харчових виробництв

Пonomarenko В.В., Пушанко М.М., Слюсенко А.М., Єщенко О.А. Вплив фізичних властивостей рідин на роботу рідинно-газових ежекторів

Марценюк О.С., Малєжик І.Ф., Зоткіна Л.В. Тарілчасті апарати та їх удосконалення

Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Степанець О.І., Бут С.А. Термодинамічна оцінка процесів рекуперації вторинних енергетичних ресурсів

Тепло- і енергопостачання

Мазуренко О.О., Харченко Л.Л., Коломієць Д.П., Мазуренко О.Г. Спосіб спільного визначення теплофізичних характе-

CONTENTS

Automation and Information Technologies

7 *Ladanyuk A., Vlasenko L., Lutska N., Smityuh Y.* The problem of ensuring the stability of intelligent control system of technological objects

16 *Horilyi V., Moshenskyi A.* Computer appliance for monitoring peat fires in radioactively contaminated areas

Biotechnology and Microbiology

22 *Pirog T., Nikitiuk L., Paliichuk O., Lutsai D.* The strategy of obtaining microbial surfactants with stable preset properties

33 *Skrotskyi S., Khomenko L., Pidgorskyi V.* Sodium alginate as a basis for immobilization and concentrating of bacteria of genus *Clostridium*

48 *Danylkovych A., Bilinskii S.* Nano-SiO₂ application in the manufacturing technology of elastic skins

58 *Pokoiovets K., Hrehirchak N.* Research of probiotic coating for food products

Enterprise Economy and Social Development

66 *Boiko S., Diachuk Ya.* Security of local budgets for the purposes of budget decentralization in Ukraine

75 *Yemtsev V., Yemtseva G.* Socio-economic aspects of organic production manufacturing in Ukraine

86 *Dragan O.* Conceptual approach to talent management at food enterprises

96 *Berher A.* Methodic approach to the selection of price strategy at enterprises of the meat processing industry

105 *Maznyk L.* Social-responsible labor practices: the context of employment

Processes and Equipment for Food Industries

111 *Ponomarenko V., Pushanko N., Slyusenko A., Yeschenko O.* Influence of physical properties of liquid on operation of liquid-gas ejectors

121 *Martsenyuk A., Malejik I., Zotkina L.* The plate-type apparatuses and their improvement

134 *Shevchenko O., Sokolenko A., Stepanets O., But S.* Thermodynamic evaluation of secondary energy resources recuperation processes

Heat and Electricity

144 *Mazurenko O., Kharchenko L., Kolomiyets D., Mazurenko O.* Method of joint determination of thermophysical characteristics of materials

ристик матеріалів і метрологічних характеристик теплометричного приладу

Засць Н.А., Штена В.М. Концепція використання водоочисного електродіалізного обладнання при нештатних ситуаціях на харчових виробництвах

Павелко В.І., Мудрак Б.О. Удосконалення системи утилізації теплоти гвинтового компресорного агрегату RENNER RS-132

Харчові технології

Олійник С.І., Куц А.М., Острик О.А., Ковальчук В.П., Бей Р.В. Прогнозування стійкості лікєро-горілчанних напоїв

Цихановська І.В., Александров О.В., Кайда Н.С., Євлаш В.В., Коваленко З.І. Удосконалення технології зефіру біло-рожевого з використанням харчової добавки «Магнетофуд»

Пашиова Н.В., Волощук Г.І., Фоменко В.В., Манк В.В. Вплив борошна Знежиреного насіння олійних культур і топинамбура на черствіння житнього хліба

Пасічний В.М., Гармаш Д.В., Лободіна Н.Е., Кривобік Р.А. Дослідження органолептичних показників при довготривалому дозріванні м'яса яловичини

Роботко А.Ю., Чорна А.І., Шульга О.С. Їстівний посуд — піклування про екологічне майбутнє планети

Павлюченко О.С., Фурманова Ю.П., Шаповаленко О.І., Радькевич С.М. Удосконалення технології печива на основі вівсяних пластівців для закладів ресторанного господарства

Сімахіна Г.О., Науменко Р.Ю. Обґрунтування складу та способу отримання композиції харчових волокон різноспрямованої дії

Українець А.І., Фролова Н.Е. Аналітична інформація про стан використання ароматизаторів у світі і в Україні та можливості розвитку вітчизняного виробництва

Дорохович В.В., Донець А.С., Суліма В.С., Дорошенко Т.В. Вплив мальтитола, ізомальтитола, еритритолола на формування клейковинного комплексу

Устименко І.М., Поліщук Г.Є. Наукове обґрунтування складу сметанного продукту

Пахомська О.В. Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення

and metrological characteristics of the thermometric device

160 *Zaiets N., Shtepa V.* The concept use of electrodiators in the water treatment equipment in response to sublethal situations in food production

170 *Pavelko V., Mudrak B.* Retrofitting RENNER RS-132 screw compressor unit waste heat recovery system

Food Technology

177 *Oliynyk S., Kuts A., Ostryk O., Kovalchuk V., Bey R.* Prediction of the stability of the Distillery drinks

186 *Tsykhanovska I., Alexandrov A., Kaida N., Evlash V., Kovalenko Z.* Improving the technology of white-pink marshmallow using food additive "Magnetofood"

204 *Pashova N., Voloshchuk G., Fomenko V., Mank V.* The influence of the flour of partially defatted oil seeds and artichoke on rye bread staling

217 *Pasichnyi V., Garmash D., Lobodina N., Kryvobik R.* Research of organoleptic parameters during long-term ripening of meat

225 *Robotko A., Chorna A., Shulga A.* Edible utensils is caring about the environment future of the planet

234 *Pavliuchenko O., Furmanova Y., Shapovalenko O., Radkevych S.* Improvement of cookies' technology on the basis of oat flakes for restaurant establishments

243 *Simakhina G., Naumenko R.* Proving the composition and the methods to obtain the complex of food fibers with variously oriented action

251 *Ukrainets A., Frolova N.* The analytical information about status of flavors usage in the world and in Ukraine and possibilities of domestic production development

261 *Dorohovych V., Donets A., Sulyma V., Doroshenko T.* Influence of maltitol, isomaltitol, erythritol on the formation of gluten complex

267 *Ustymenko I., Polischuk G.* Scientific substantiation of the composition of the sour cream product

276 *Pahomska O.* Scientific approach to the creation of bakery products of high functional purpose

THE PROBLEM OF ENSURING THE STABILITY OF INTELLIGENT CONTROL SYSTEM OF TECHNOLOGICAL OBJECTS

A. Ladanyuk, L. Vlasenko, N. Lutska, Y. Smityuh

National University of Food Technologies

Key words:

*Intelligent control systems
Stability
Quality*

Article history:

Received 05.03.2019
Received in revised form
21.03.2019
Accepted 05.04.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The intellectual control systems (ICS) of technological objects (processes, aggregates, complexes), which have a number of essential features in terms of automation, which objectively allows it to be categorized into one class are considered. The analysis of ICS structures with logic controllers is carried out, the importance of objective assessments of the stability and quality of control process of technological objects is demonstrated.

It is shown that modern ICS are large complex of systems with a hierarchical structure built on the basis of basic intellectual technologies such as artificial neural networks, genetic algorithms, fuzzy logic, diagnostic and prognostication methods, associative memory, etc., where special attention is devoted to «non-destructive lower level» in their construction. In this case, it is a subject with requirements of typical large complex systems, as well as additional, in particular, specific requirements for its operation in different situations and conditions (depending on the technological object), taking into account various types of uncertainties, insufficiency or redundancy of information, etc.

One of the main requirements, besides the above-mentioned, is the requirement of sustainability of the ICS. The stability of traditional ACS is a well-known and well-studied problem, and for intellectual systems, this characteristic, and especially the methods of its definition, are in the stage of research and development peak. The variants of the most well-known approaches in determination of stability for different types of ICS are considered and presented. It is shown how the method of determination of stability is used when using fuzzy controllers in systems with different additional characteristics. Thus, for essentially non-linear objects with statistical uncertainties and uncertainties that arise in mathematical models, it is inappropriate to use the classical stability criteria of Mikhailov, Rausa-Hurwitz and Nyquist; for non-linear objects with parametric uncertainty and additive control, it is possible to use the Nyquist criterion with the subdotction of areas on a complex plane, and for a neural network system, a small gain factor theorem is used.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-3

ПРОБЛЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, Н.М. Луцька, Я.В. Смітюх
Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто інтелектуальні системи керування (ІСК) технологічними об'єктами (процесами, агрегатами, комплексами), які мають ряд суттєвих особливостей з точки зору автоматизації, що об'єктивно дає змогу виділити їх в один клас. Виконано аналіз структур ІСК з логічними регуляторами, доведено важливість об'єктивних оцінок стійкості та якості процесів керування технологічними об'єктами.

Показано, що сучасні ІСК — це великі складні системи з ієрархічною структурою, побудовані на основі таких основних інтелектуальних технологій, як штучні нейронні мережі, генетичні алгоритми, нечітка логіка, методи діагностики та прогнозування, асоціативна пам'ять тощо, де особливо увага приділяється «неруйнуванню нижнього рівня» при їх побудові. При цьому до них висуваються вимоги, характерні для великих складних систем, а також додаткові, зокрема, специфічні вимоги щодо їх функціонування в різних ситуаціях та умовах (залежно від технологічного об'єкта) врахування різних видів невизначеностей, недостатності або надлишковості інформації тощо.

Однією з головних вимог, окрім вищезазначених, є вимога стійкості ІСК. Стійкість традиційних САР — відома і добре досліджена проблема, а для інтелектуальних систем ця характеристика, особливо методи її визначення, знаходяться в стадії дослідження та на піці розроблення. Розглядаються і наводяться варіанти найбільш відомих підходів визначення стійкості для різних типів ІСК. Показано, як змінюється методика визначення стійкості при використанні нечітких регуляторів у системах з різними додатковими характеристиками. Так, для суттєво нелінійних об'єктів із статистичними невизначеностями та невизначеностями, що виникають у математичних моделях, недоцільно використовувати класичні критерії стійкості Михайлова, Рауса-Гурвіца та Найквіста; для нелінійних об'єктів з параметричною невизначеністю та адитивним керуванням можливе використання критерію Найквіста з додатовим виділенням областей на комплексній площині, а для нейромережевої системи — теорема про малий коефіцієнт підсилення.

Ключові слова: інтелектуальні системи керування, стійкість, якість.

Постановка проблеми і теоретичні основи побудови ІСК. У технічній літературі розглядаються різні аспекти проектування, аналізу та дослідження процесів функціонування ІСК. Одна з останніх теоретичних праць присвячена використанню логічних регуляторів [1; 2], аналізу стійкості баз знань у системах підтримки прийняття рішень приділено увагу в [3]. Найбільш детально матеріал про призначення, склад і забезпечення процесу функціонування ІСК викладено в [4]. У [5] найбільш повно викладені аспекти форму-

вання структури ІСК та побудови баз знань з самоорганізацією, адаптацією та «робастністю». Достатньо велика кількість досліджень присвячена використанню нечітких (логічних) регуляторів для конкретних об'єктів [6—9]. Але в сучасній технічній літературі не зустрічається фундаментальних праць, у яких розглядаються питання стійкості ІСК (визначення стійкості ІСК, забезпечення їх стійкості, критерії і показники стійкості ІСК тощо).

Мета статті: провести аналіз і класифікацію існуючих ІСК технологічними об'єктами та виділити основні їх умови стійкості.

Матеріали і методи. Для подальшого викладення матеріалу необхідно визначити основні терміни і поняття стосовно ІСК, що різними фахівцями інтерпретуються по-різному. Прийmemo, що на нижньому рівні функціонує автоматична система регулювання (АСР), яка забезпечує підтримання необхідного технологічного режиму функціонування з необхідними показниками стійкості та якості перехідних процесів при стабілізації регульованих координат або зміні їх заданих значень в умовах інтенсивних збурень. Тож вважаємо, що виконується принцип «неруйнування нижнього рівня» при створенні ієрархічної структури ІСК за рахунок додавання нових баз даних, знань і необхідних алгоритмів для забезпечення задач оптимізації, адаптації, робастності, координації тощо.

Одним з найбільш поширених термінів є: інтелектуальна система — інформаційно-обчислювальна структура з інтелектуальною підтримкою при розв'язанні задач без участі особи, яка приймає рішення (ОПР). При цьому використовуються основні інтелектуальні технології (штучні нейронні мережі, генетичні алгоритми, нечітка логіка, асоціативна пам'ять, методи діагностики та прогнозування). Доцільність їх використання визначається можливістю реалізації розподілених схем і структур виконання обчислень без додаткових пошуків інформації, можливості використання простих зрозумілих результатів щодо складного нелінійного об'єкта, опису множини виробничих ситуацій у різних режимах функціонування, пошуку розв'язків слабоформалізованих задач. Часто до цього визначення додається використання знань (knowledge — based system).

Для ІСК технологічними об'єктами необхідно додати вимогу формування знань щодо невідомих характеристик об'єкта та зовнішнього середовища в процесі навчання й адаптації, а отримана інформація використовується в процесі автоматичного прийняття рішень так, що покращуються основні ресурсо- та енергопоказники при виконанні технологічних вимог і обмежень об'єкта.

Основними вимогами до ІСК технологічними об'єктами є:

- наявність необхідної взаємодії з навколишнім середовищем, використання спеціальних інформаційних каналів;
- відкритість системи для підвищення її інтелектуальності (обмін речовиною, енергією та інформацією);
- наявність прогностичних механізмів щодо змін зовнішнього середовища та власної поведінки системи в динамічно змінюваних ситуаціях;
- ієрархічна структура ІСК відповідно до принципу «підвищення інтелектуальності та зменшення вимог до точності при підвищенні рангу ієрархії»

(і навпаки)». В цьому випадку збільшення рівня інтелектуальності та використання сучасних механізмів прийняття рішень в умовах невизначеності компенсують неточність знань щодо моделей об'єкта та його поведінки в різних ситуаціях;

- підтримання функціонування за відсутності зв'язків або керувальних дій від вищих рівнів ієрархії.

Отже, приймається на нижньому рівні ІСК наявність виконавчо-регулювального шару за класичною моделлю АСР, а решта шарів — надбудова, яка відповідає вимогам сучасних інформаційних технологій роботи зі знаннями, що значно розширює функціональні можливості ІСК. Мінімальна надбудова — база знань, яка складається, наприклад, з кількох продукційних правил. У цьому випадку інтелектуальність забезпечена «у малому». При трьох шарах ІСК має інтелектуальність «у великому», при чотирьох — «у цілому».

Для різних технологічних об'єктів існують об'єктивно свої вимоги до їх функціонування в різних ситуаціях та умовах, але на основі системного аналізу поведінка «об'єкта-системи» може описуватись нематематичними засобами у базі знань, де формуються розв'язки на відміну від рішень диференціальних рівнянь на правилах, нечіткій логіці, нейронних мережах. ІСК будь-якого призначення повинна реалізувати основні функції:

- *збір даних та їх попередня (первинна) обробка.* При виконанні цієї функції головною метою та вимогою є отримання інформації про стан об'єкта, виробничі ситуації та рекомендації щодо керувальних дій;

- *формування керувальних дій.* Особливого значення тут набувають робастні методи для забезпечення ресурсо- та енергоефективності;

- *навчання та адаптація.* Для створення робастно-адаптивної системи керування математичні моделі, алгоритми керування, бази знань та інші інструменти формування керувальних дій повинні адаптуватись до змін середовища через ідентифікацію, логічні висновки, набуття знань і навчання;

- *виконання керування, тобто формування керувальних дій* реалізується за допомогою інтелектуального адаптивного комплексу виконавчих засобів та здійснює вплив на об'єкт з урахуванням виробничої ситуації.

Тож загальна проблема оцінки стійкості ІСК повинна розв'язуватись з позицій системного аналізу методами декомпозиції, зокрема стійкість нижнього виконавчого рівня, стійкості рішень, які приймаються у відповідних ситуаціях, стійкості баз знань (правил) з урахуванням можливостей оптимізації, адаптації, робастності, координації, діагностування і прогнозування. В цій проблемі, очевидно, неможливо і недостатньо орієнтуватись на формалізовані критерії як для одноконтурних лінійних АСР, а кожному шару (рівню) ієрархічної структури ІСК формулювати свої вимоги, моделі, обмеження та додаткові механізми узгодження цих вимог за рахунок багаторівневої підсистеми координації. В технічній літературі практично не розглядається як окремий показник *стійкість об'єкта (технологічного процесу)*, але часом доводиться в структуру системи автоматизації вводити додаткові контури для забезпечення цього показника, в найпростішому вигляді як від'ємний зворотний зв'язок для забезпечення властивості самовирівнювання об'єкта. Очевидно, цю властивість передають технологам та іншим фахівцям, що проектують

сам об'єкт, в якому забезпечується певний технологічний режим, а координати стану обмежені нерівностями $X_{\min} \leq X \leq X_{\max}$, або належностями до допустимих множин типу $x \in \Omega_x^{\text{доп}}$. Такі ж обмеження формуються для керувальних дій U , вихідних дій Y та збурень. Мова йде про об'єкти промислового призначення, тому що для спеціальних об'єктів (наприклад, атомної енергетики) формуються інші показники. При цьому приймається, що ІСК розробляється для стійких технологічних об'єктів, які протягом заданого часу забезпечують виконання регламентованих показників процесу функціонування в різних ситуаціях для випуску заданої кількості продукції потрібної якості в умовах обмежень на ресурси (матеріальні, енергетичні, трудові тощо).

Викладення основних результатів дослідження. З огляду на складність проблеми стійкості в сучасних ІСК, в [1] визначається актуальна проблема аналітичного моделювання з урахуванням невизначеностей на основі статистичних диференціальних рівнянь, нечітких диференціальних рівнянь і диференціальних включень з урахуванням властивостей нечітких регуляторів. У цій та інших працях зазначається, що такі системи є суттєво нелінійними і класичні критерії стійкості Рауса-Гурвіца, Михайлова, Найквіста не можуть застосовуватись, натомість рекомендується використовувати класичний та узагальнений методи функцій Ляпунова. Варто відзначити, що є специфічні вимоги до стійкості керованих систем, наприклад, безпеки людей, економічних і фінансових систем тощо. Часто ставиться задача наявності чи отримання наближених моделей у вигляді диференціальних і різницевих рівнянь. У цьому випадку початкова модель за допомогою універсальної апроксимації приводиться до виду моделі Тагачі-Сугено (ТС-моделі) [10]. Тоді для оцінки стійкості та стабілізації системи на основі ТС-моделей використання методу функцій Ляпунова зводиться до аналізу лінійних матричних нерівностей, вид яких визнається як функцією Ляпунова, так і обмежень. В [1] дослідження стійкості динамічних систем з логічними регуляторами базуються на розвитку функцій Ляпунова, спектрально-біфуркаційного та інших методів, у тому числі представленні нелінійних систем за допомогою ТС-моделей, але при цьому визначається, що умови стійкості і стабілізації не мають загальних підходів, а можуть використовуватись лише для деяких класів систем, наприклад, робототехнічних, які аналізуються як перевернутий маятник.

У праці [6], яка має прикладний характер, запропоновано методика синтезу стабілізуючого регулятора для нелінійних об'єктів з параметричною невизначеністю та адитивним керуванням, наведено результати комп'ютерного моделювання. Нечіткий регулятор має нелінійну характеристику «вхід-вихід», тому в адаптивній системі характеристики цього регулятора можуть визначатись з точністю до параметрів. Це одна з праць, в якій не висувається вимога гарантованої стійкості об'єкта автоматизації. Показано, що для забезпечення стійкості можна застосовувати частотний критерій. Для цього на комплексній площині виділяється спеціально сформоване коло і далі висувається вимога розташування нелінійності та годографа Найквіста щодо цієї області. Це так званий круговий частотний критерій стійкості для систем зі стійкою лінійною частотою. Для систем з адаптивними нечіткими регулято-

рами пропонується структура системи з двома регуляторами (рис. 1): Нечіткий регулятор у прямому контурі НР та супервізорний СР, який включається в роботу лише за умови досягнення межі області D_x на комплексній площині (D_0 — задана область).

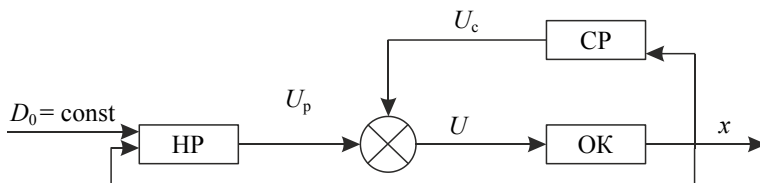


Рис. 1. Структура нечіткої АСР

На рис. 1 модель об'єкта подається у координатах стану: x — координати; U_p , U_c , U — відповідно, вихід нечіткого регулятора, супервізорного, загальний сигнал керування.

Супервізорний регулятор формує керувальний вплив, який включається лише для повернення об'єкта в межі заданої області (цей регулятор названо стабілізуючим). Математичне забезпечення системи достатньо громіздке, тому навести його неможливо. Головний висновок дослідження полягає в тому, що описаний підхід можна використовувати для стабілізації об'єктів з параметричною невизначеністю.

У статті [7] дається більш детальний аналіз розв'язання задачі забезпечення стійкості системи з нечіткими регуляторами, звертається увага на урахування невизначеностей, нестационарностей, післядія об'єктів керування, що потребує спеціальних підходів, насамперед адаптивних, робастних, нечітких, нейронних для зменшення впливу нечітких характеристик та недостатньої оцінки властивостей як об'єкта, так і зовнішнього середовища.

Звертається увага на те, що нечітке керування базується не стільки на теоретичних та аналітичних методах, скільки на експертних знаннях, найбільш часто у вигляді логічних конструкцій типу продукційних правил «IF ..., THEN». При цьому нечіткі регулятори дають змогу реалізувати ефективне керування об'єктами із суттєвими нелінійностями, а нейронні мережі — це спрощена біологічно подібна структура, головною особливістю якої є адаптивне навчання. Відомий вчений, один з основоположників нечіткого керування Мамдані (Mamdani) писав: «Промисловість ніколи не вимагала, щоб аналітичний аналіз стійкості був необхідною та достатньою умовою для визнання добре розробленої системи керування. Така умова — це просто бажання вчених, але воно не має жодної цінності за межами академічних кіл. Значно важливішим, ніж аналіз стійкості, є дослідження прототипу: самостійний аналіз стійкості ніколи не можна вважати достатнім тестом. Більш того, в будь-якій практично корисній методології етап аналізу стійкості — бажаний, але менш додатковий, не необхідний етап».

Водночас для традиційних методів теорії керування дослідження стійкості є обов'язковою умовою працездатності системи, у тому числі різного призначення, а для нечітких систем це може зменшити помилки не лише при проектува-

нні, а й при експлуатації. В цьому напрямі заслуговує на увагу дослідження [8], у якому наведені результати імітаційного моделювання системи з нечітким регулятором та алгоритмом виведення Мамдамі (Сугено), що дало можливість дослідити фазові траєкторії системи, зокрема фазовий портрет поблизу стійкого фокуса.

Прикладом практичної розробки системи з нечіткими регуляторами є праця [9], у якій побудовані нелінійні математичні моделі автоматичного керування паровою турбіною в просторі станів з різними регуляторами. Запропонована векторна цільова функція для багатоцільової оптимізації систем керування паровою турбіною та представлені результати багатоцільового параметричного синтезу нелінійних систем стабілізації частоти, виконано порівняльний аналіз якості системи керування зі стандартними та нечіткими регуляторами, показана перевага останніх, використано комплекс методів для оптимізації векторної цільової функції: адаптації кроку пошуку, Хука-Джівса, Нелдера-Міда, модифікований генетичний алгоритм.

У [11—13] розглядається стійкість нейромережевої системи, яка є інтелектуальною «у малому» та включає стандартний ПІД-регулятор і нечіткий регулятор. Показана можливість використання для аналізу стійкості такої нелінійної системи, теореми про малий коефіцієнт підсилення. Зазначено, що можна знайти такий лінійний закон керування зі зворотним зв'язком в еквівалентній структурній схемі нелінійної АСР, в якій всі перехідні процеси відносно зовнішніх сигналів будуть асимптотично стійкими у цілому. В [9] показана також можливість забезпечення відмовостійкості об'єкта за допомогою нейромережевого регулятора, який включає додаткові програми керування або спрощені алгоритми для дублювання основних, які обираються за допомогою селектора.

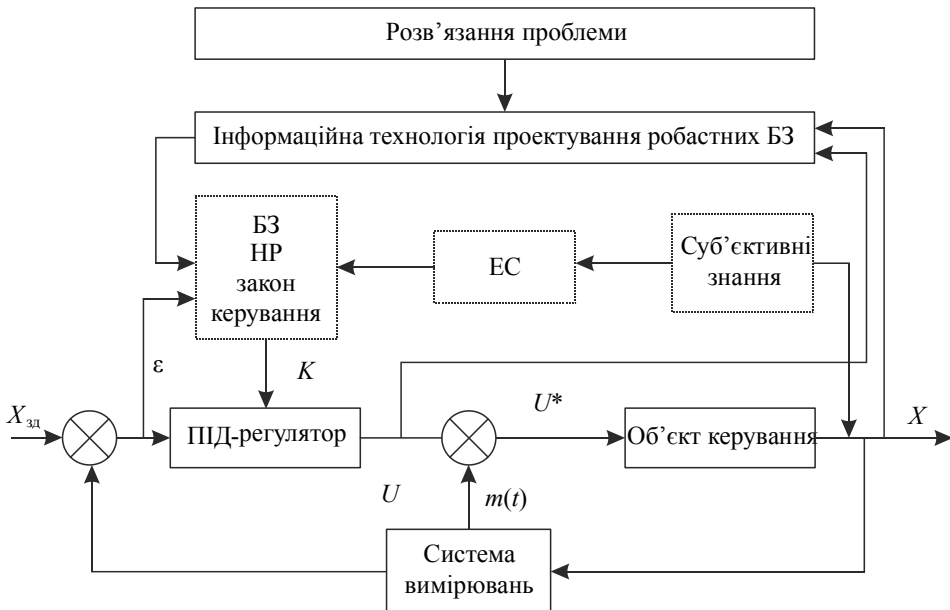


Рис. 2. Структура типової ІСК технологічним об'єктом

Узагальнюючи викладений матеріал, можна навести найбільш використовувану ІСК для технологічних об'єктів (рис. 2) [5], яка доповнюється та змінюється при урахуванні особливостей характеристик і процесів функціонування об'єкта.

На рис. 2 позначено: $X, X_{зд}$ — відповідно, регульована координата та її задане значення; $e = X_{зд} - X(t)$, U, U^* — відповідно, вихід регулятора та його значення з перешкодою $m(t)$; НР — нечіткий регулятор; ЕС — експертна система. Вихідний сигнал з НР визначає вектор параметрів ПД-регулятора $K = \{K_p, K_i, K_d\}$ — коефіцієнти, відповідно, пропорційної, інтегральної та диференціальної складових. Експертна система ЕС використовується тоді, коли технологія проектування включає експертні продукційні правила в БЗ у вигляді продукційних правил та їх інтерпретації на основі аналізу координат X .

Висновки

1. Інтелектуальні системи керування технологічними об'єктами (процесами, агрегатами, комплексами) — основний напрям підвищення ефективності функціонування об'єктами різної природи, призначення та складності. В ієрархічній структурі виділяються різні шари за інтелектуальністю «в малому», «у великому» та «у цілому». Ці системи відкриті, тому існують широкі можливості додавання до нижнього виконавчого шару ефективних алгоритмів оптимізації, адаптації, робастності, координації, прогнозування, діагностика тощо.

2. Різні методи аналізу нечітких систем керування не дають, як правило, чіткого обґрунтування стійкості, а лише забезпечують можливість перевірки працездатності за існуючих збурень і вихідних сигналів, початкових умов тощо.

3. Для більшості практичних задач ефективним є використання емпіричних та експериментальних підходів з подальшим застосуванням комп'ютерного моделювання, але при цьому не існує можливості узагальнення результатів на класи об'єктів, особливо багатовимірних і з внутрішніми перехресними зв'язками.

4. Типовою структурою для забезпечення та підвищення інтелектуальності АСР є надбудова у вигляді баз даних і знань (правил) з можливістю використання продукційних правил, зокрема для адаптації параметрів типових регуляторів до зміни виробничих ситуацій.

5. Необхідною умовою стійкості ІСК в цілому є стійкість технологічного об'єкта як властивість функціонування із заданими показниками щодо якості та кількості продукції, використання обмежених ресурсів у системах і нештатних ситуаціях.

6. Для оцінки стійкості ІСК необхідно застосовувати системний аналіз і декомпозиційний підхід, що визначає свої моделі, критерії й обмеження на різних рівнях ієрархічної структури, наприклад, для шару АСР або баз знань і процесу прийняття рішень.

Література

1. Дружинина О.В., Масина Н.О. О подходах к анализу устойчивости нелинейных динамических систем с логическими регуляторами. *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2017. Том 13, № 2. С. 40—49.

2. Lam H.-K., Leung F.H.F. Stability Analysis of Fuzzy-Model-Based Control Systems: Linear-Matrix-Inequality Approach. . *Berlin: Springer*, 2011. 785 p.
3. Цыганок В.В. Повышение устойчивости баз знаний систем поддержки принятия решений к погрешностям экспертного оценивания. *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. 2010. Том 12, № 4. С. 90—96.
4. Трофимов В.Б., Кулаков С.М. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами. Москва: Инфа-инженерия, 2016. 232 с.
5. Литвинцева Л.В., Ульянов С.В. Интеллектуальные системы управления. I. Квантовые вычисления и алгоритм самоорганизации. *Известия РАН. Теория и системы управления*. 2009. № 6. С. 102—141.
6. Соловьев В.В., Номерчук А.Я., Денисенко М.Е. Устойчивость систем с адаптивными нечеткими регуляторами. *Известия ЮФУ. Технические науки: Тематический выпуск: Проблемы управления в топливно-энергетических комплексах и энергосберегающие технологии*. 2014. № 5(154). С. 30—36.
7. Белоглазов Д.А., Косенко Е.Ю. Анализ методов устойчивости нечетких систем управления. *Известия ЮФУ. Технические науки: Тематический выпуск*. 2013. № 2(139). С. 128—132.
8. Манчук Д.А., Черный С.П. Анализ устойчивости нечетких систем управления в малом, большом, в целом. *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 5—1. С. 74—75.
9. Северин В.П., Никулина Е.Н., Черной В.Ф., Годлевская К.Б. Многоцелевой синтез нелинейных систем управления паровой турбиной АЭС по прямым показателям качества. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит: Спец. выпуск. 2013. Т 2, № 8(114). С 134—140.
10. Talagaev Y.V. An approach to analysis and stabilization of Takagi-Sugeno fuzzy control systems via superstability conditions. *IFAC-PapersOnLine* 2015. Volume 48, Issue 11. P. 426—433.
11. Васильев В.И., Идрисов И.И. Алгоритмы проектирования и анализа устойчивости интеллектуальной системы управления ГТД. *Вестник УГАТУ*. 2008. Т. 11, № 1. С 34—42.
12. Гулина И.Г., Мартыненко А.А., Гулин А.А. Построение интеллектуальных прогнозирующих систем управления нелинейными технологическими процессами. *Системы обработки інформації*. 2017. Вип. 3 (149). С 101—105.
13. Nelles O. Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural and Fuzzy Models. *Berlin: Springer*, 2001. 785 p.

COMPUTER APPLIANCE FOR MONITORING PEAT FIRES IN RADIOACTIVELY CONTAMINATED AREAS

V. Horilyi, A. Moshenskyi

National University of Food Technologies

Key words:

*Multi-sensory monitoring
system
Peat fires prevention
Monitoring system
modeling*

Article history:

Received 11.03.2019
Received in revised form
29.03.2019
Accepted 10.04.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article deals with the simulation process of software and hardware complex for peat fires monitoring in a radioactively contaminated area. Research of the possibility of creating a multi-sensory system allows us to get a prototype of a ready-made solution that aims to provide a high level of safety and prevent emergencies in places that are dangerous for human health and life.

In particular, the zone of permanent or periodic control of the ecological situation is the exclusion zone of the Chernobyl Nuclear Power Plant, where the occurrence of fires resulting from the ignition of peat requires rapid response of the relevant services.

The description of the proposed environmental monitoring system in the contaminated territories includes data on the selected elements, which include programmable micro-controllers with sensors, as well as all related devices, through which the transport of information and its inclusion in the monitoring system in the Internet.

As a result of this research, it was possible to obtain a decomposed model of motion important information within a closed system having a modular structure. The latter is an important factor for the possibility of expanding the existing functional in the short term, as well as for the hot replacement of the complex components.

The main stakeholders in this research are the authorities and structures responsible for coordinating nature conservation at the system-wide level. Among them is the United Nations Environment Program (UNEP), as well as the environmental monitoring body in the contaminated area near the Chernobyl Nuclear Power Plant — the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. The developed model will simplify the process of observing the situation in the allocated area and provide the necessary list of measurements with the possibility of obtaining more detailed results with the use of modern equipment.

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТОРФ'ЯНИХ ПОЖЕЖ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНІЙ ТЕРИТОРІЇ

В.Ю. Горілий, А.О. Мошенський

Національний університет харчових технологій

У статті розглядається процес моделювання програмно-апаратного комплексу для моніторингу торф'яних пожеж на радіоактивно забрудненій території. Дослідження можливості створення мультисенсорної системи дає змогу отримати прототип готового рішення, метою якого є забезпечення високого рівня безпеки та запобігання виникненню надзвичайних ситуацій у місцях, небезпечних для людського здоров'я та життя. Зокрема, зоною постійного чи періодичного контролю екологічної ситуації є зона відчуження Чорнобильської АЕС, де виникнення пожеж унаслідок займання торфу потребує швидкої реакції відповідних служб.

Опис запропонованої системи контролю екологічного стану на забруднених територіях включає дані про обрані елементи, до складу яких входять програмовані мікроконтролери з датчиками, а також усі супутні пристрої, за допомогою яких відбувається транспортування інформації та її занесення до системи моніторингу в мережі Інтернет. У результаті проведеного дослідження вдалося отримати декомпозовану модель руху важливої інформації всередині замкнутої системи, що має модульну структуру. Останнє є важливим фактором для можливості розширення існуючого функціоналу в короткі терміни, а також для забезпечення гарячої заміни складових комплексу.

Основними зацікавленими сторонами цього дослідження є органи та структури, що відповідають за координацію охорони природи на загально-системному рівні. Серед них програма ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП), а також орган екологічного моніторингу на забрудненій території поблизу Чорнобильської АЕС — Міністерство екології та природних ресурсів України. Розроблена модель дасть змогу спростити процес спостереження за ситуацією на виділеній території та забезпечить необхідним переліком замірів з можливістю отримання більш розгорнутих результатів при використанні сучасного обладнання.

Ключові слова: *мультисенсорна система моніторингу, запобігання торф'яним пожежам, моделювання моніторингової системи.*

Постановка проблеми. На сьогодні ухвалено безліч рішень, направлених на екологічний моніторинг і прогнозування стихійних небезпек. Натомість не існує окремого спеціалізованого рішення, направлено на запобігання підвищенню рівня радіації внаслідок займання торфу на радіоактивно забруднених територіях. Наслідками невиявлених вчасно місць займання може стати розповсюдження небезпечних для здоров'я речовин на прилеглі території [1].

Використання сучасних приладів і механізмів може бути ключовим поштовхом для вирішення проблеми моніторингу екологічного стану в Україні та завчасного виявлення проблемних зон.

Зважаючи на зацікавленість світових організацій у вирішенні екологічної проблеми людства, а також участь України в проведенні моніторингу та наявність цільового об'єкта для досліджень, доцільним є моделювання вузько спрямованого рішення [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ринок спеціалізованих моніторингових систем тільки розвивається, тому існує обмежена кількість компаній, що пропонують технології, готові до впровадження. Однією з таких відомих компаній є Benish GPS — міжнародний постачальник GPS рішень для індивідуального, комерційного та державного користування. Компанія застосовує методологію створення систем за допомогою об'єднання датчиків та передачі інформації з них на спеціально розроблений додаток, з якого відбувається відслідковування всіх необхідних процесів [3]. Ідея таких програмно-апаратних рішень є досить близькою до теми, що досліджується, та, на жаль, компанія не має універсального механізму, що покрив би заявлену екологічну проблему навколо торф'яних пожеж.

Мета дослідження: створення деталізованої моделі збору та передачі даних для моніторингу торф'яних пожеж на радіоактивно забрудненій території для можливості подальшої розробки такої системи та її впровадження.

Викладення основних результатів дослідження. Моделювання запропонованого програмно-апаратного комплексу доцільно починати з основної ідеї, яка в загальному розумінні дає змогу розглянути систему та провести декомпозицію. Важливо отримати моніторингові дані та забезпечити їх збереження для подальшого дослідження. Модель такого процесу представлена на рис. 1.

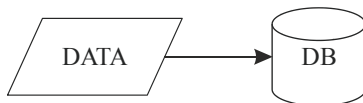


Рис. 1. Представлення очікуваного результату

Визначаємо елементи комплексу, за допомогою яких буде здійснюватися процес збору даних, а також шляхи їх потрапляння до централізованого сховища. В нашому випадку дані із зовнішнього середовища будуть надходити до пристрою DRONE, після чого відправляються до бази даних за допомогою мережі Інтернет (рис. 2).

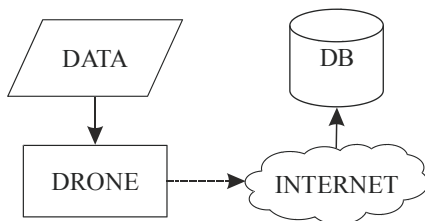


Рис. 2. Збір даних пристроєм DRONE та їх трансфер до БД

Зважаючи на специфіку місцевості, де буде застосовуватись модельована система, необхідно забезпечити їй безперебійний доступ до мережі Інтернет. Для цього організуємо ланцюжок передачі даних між пристроями, забезпе-

чивши можливість обміну інформацією на далеких дистанціях. На рис. 3 подано модель, в якій використовується проміжний елемент “STATION”, що являє собою станцію, інформація до якої потрапляє з пристрою “DRONE” за допомогою радіоканалу, після чого відправляється в мережу Інтернет.

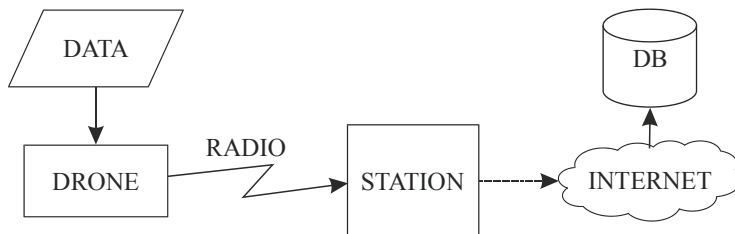


Рис. 3. Забезпечення безперерйного доступу до мережі Інтернет за допомогою проміжної станції

Врахуємо, що станція прийому-передачі даних матиме змогу бути автономною та здійснювати підключення до Інтернету за допомогою бездротової точки доступу (рис. 4).

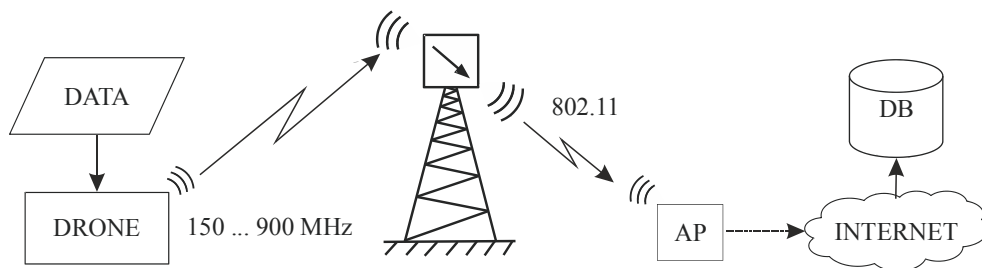


Рис. 4. Підключення станції до бездротової точки доступу

Перейдемо до більш детального розгляду механізмів збору та передачі даних, що можуть бути реалізовані на базі однокристальних мікроконтролерів ESP8266. На рис. 5 елемент “DRONE” був декомпований до мікроконтролеру “MCU1” з підключеними до нього датчиками збору інформації “SENSORS” та передавачем “radio transceiver”. Накопичені на “MCU1” дані передаються по радіоканалу на приймач “radio receiver”, підключений до “MCU2”, що і є декомпозицією проміжної станції. Мікроконтролер “MCU2” має вбудований модуль Wi-Fi, який забезпечить підключення до бездротової точки доступу.

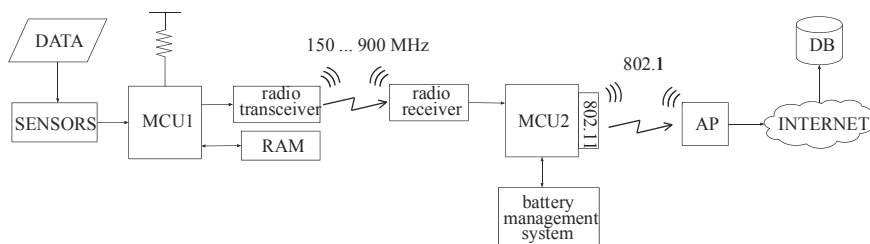


Рис. 5. Використання однокристальних мікроконтролерів

Отримання очікуваного результату досліджень забезпечується шляхом збору актуальної інформації про зовнішнє середовище запрограмованим мікроконтролером “MCU1”, що під’єднаний до літального засобу, наприклад, квадрокоптера. При цьому важливим є те, що “MCU1” не матиме прямої залежності від характеристик літального апарата, а значить, може бути використана будь-яка повітряно-транспортна система з можливістю керування або слідування запрограмованим маршрутом [4].

Під час обльоту за допомогою спеціальних датчиків (рис. 6) потрібно збирати такі дані:

- ідентифікатор літаючого пристрою (MCU1);
- коливання радіаційного фону у вигляді гамма-випромінювань (α , β , γ);
- фіксацію рухів теплих тіл/предметів/явищ (PIR);
- реакцію на задимленість/загазованість (MQ);
- вимір висоти польоту (HC-SR04);
- температуру та вологість (DHT);
- gps координати (GPS);
- час проведення замірів (GPS).

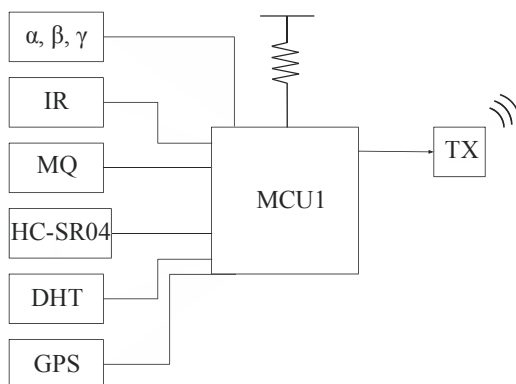


Рис. 6. Декомпозиція мікроконтролера “MCU1” з під’єднаними датчиками

Мікроконтролер “MCU2” в ланцюжку передачі даних виступатиме як веб-клієнт [5], що передаватиме дані на реальний веб-сервер зі встановленою розробленою системою моніторингу. Така система буде зберігати всі дані, що відправлені від проміжної станції за допомогою http запиту. Як уже згадувалось, задля забезпечення максимальної якості роботи станції, до “MCU2” під’єднано систему управління акумулятором (рис. 7), що робить її дійсно автономною, з потребою лише вільного доступу до Інтернету, а це не є проблемою в умовах її розміщення.

Зіставивши всі блоки модельованого програмно-апаратного комплексу, отримаємо готове до реалізації рішення, що складається з трьох важливих компонентів: модуля збору та передачі даних, модуля трансферу даних з локального середовища до мережі Інтернет та веб-орієнтованої системи моніторингу для збереження та представлення даних.

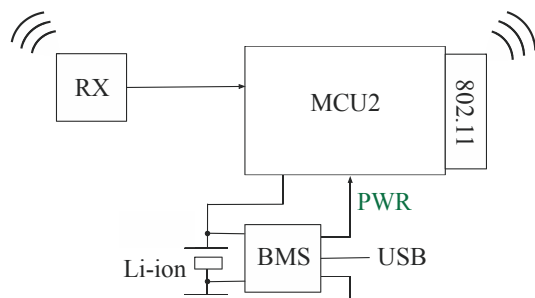


Рис. 7. Декомпозиція “MCU2” із системою управління акумулятором

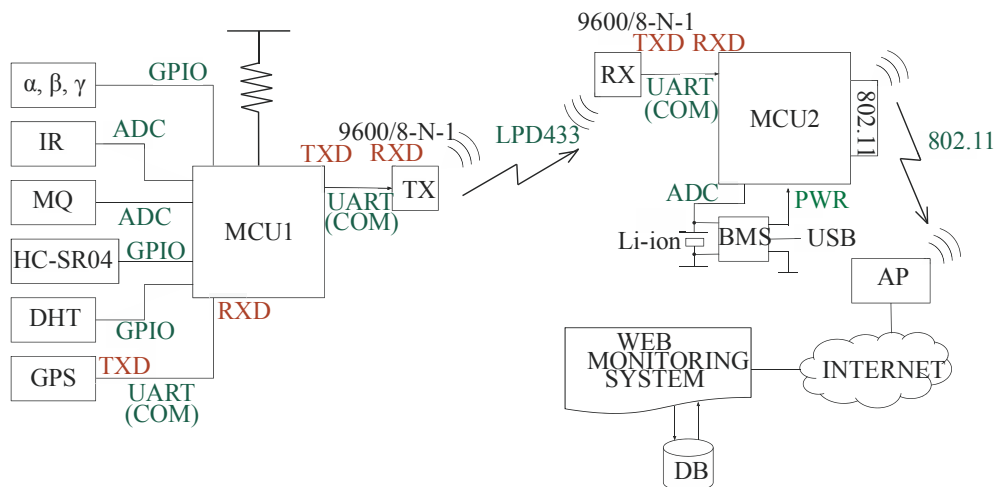


Рис. 8. Програмно-апаратний моніторинговий комплекс

Висновки

Під час розгляду проблеми було визначено, що використовувані спеціальними службами методи дослідження торф'яних пожеж не є достатньо ефективними. Натомість було запропоновано та змодельовано програмно-апаратний комплекс, що дасть змогу втілити в життя набір інструментів, які пристосовані безпосередньо для проведення моніторингу на торфовищах у зоні радіоактивного забруднення. Очікуваний ефект від впровадження мультисенсорної системи полягає у завчасному виявленні вражаючих чинників надзвичайних ситуацій, прогнозуванні та прийнятті рішень з ліквідації небезпеки, що виникла, і своєчасному залученню до реагування чергових підрозділів ДСНС України та інших державних силових структур. Її простий механізм реалізації забезпечить подальшу масштабованість і можливість негайної заміни важливих елементів.

Література

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 р. К.: ДП «Чорнобильінтерінформ», 2007. 236 с.
2. Climate change 2007: The Scientific Basis — Contribution of Working Group I to the IPCC Fourth Assessment Report, UNEP/WMO, 2007. 250 с.
3. Готові моніторингові рішення Benish GPS. URL: <http://www.benishgps.com/en/products/>
4. Федутин Д.В. Новые беспилотные системы и новые тенденции. URL: www.uav.ru
5. Arduino core for ESP8266 WiFi chip. URL: <https://github.com/esp8266/Arduino>

THE STRATEGY OF OBTAINING MICROBIAL SURFACTANTS WITH STABLE PRESET PROPERTIES

T. Pirog, L. Nikitiuk, O. Paliichuk, D. Lutsai

National University of Food Technologies

Key words:

Surfactants
Rhodococcus erythropolis
IMV Ac-5017
Acinetobacter
calcoaceticus IMV B-7241
Nocardia vaccinii IMV
B-7405
Regulation of antimicrobial
and anti-adhesive activity

Article history:

Received 04.03.2019
Received in revised form
22.03.2019
Accepted 12.04.2019

Corresponding author:

T. Pirog
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Microbial surfactants are secondary metabolites that are synthesized in the form of complex of similar compounds, the composition and ratio of which depending on the cultivation conditions of the producer what is accompanied by changing the properties of final product. However, the current study of effects of cultivation conditions on the properties of microbial surfactants remains without attention of researchers. Literary data testify that to achieve the biosynthesis of surfactant of certain composition with predetermined properties it is possible only as a result of post-fermentation chemical modification or obtaining of the corresponding genetically-modified producer strains.

Basing on studing approaches to control regulation properties of *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 surfactants the strategy of obtaining microbial surfactants with stable preset properties was developed. This strategy consist of such elements:

- identification in surfactants complex of the components responsible for certain properties and the search for factors that provide a predominant synthesis of such components;
- to study changes of surfactants properties during producer cultivation and to determine growth phase in which the synthesis of surfactants possessing necessary properties occurs;
- studing interrelation between surfactants properties and their protective functions and to determine cultivation conditions necessary for development of EPS protective functions;
- co-cultivation of surfactants producers with competitive microorganisms, in response to the presence of which increases the antimicrobial and anti-adhesive activity of synthesized final product.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-5

СТРАТЕГІЯ ОДЕРЖАННЯ МІКРОБНИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН ЗІ СТАБІЛЬНИМИ ЗАДАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Т.П. Пирог, Л.В. Никитюк, О.І. Палійчук, Д.А. Луцай

Національний університет харчових технологій

Мікробні поверхнево-активні речовини (ПАР) є вторинними метаболітами, які синтезуються у вигляді комплексу подібних сполук, склад і співвідношення

яких змінюється залежно від умов культивування продуцента, що в свою чергу спричиняє і зміну властивостей цільового продукту. Проте на теперішній час дослідження впливу умов культивування на властивості мікробних ПАР залишаються поза увагою дослідників. Літературні дані засвідчують, що досягти біосинтезу ПАР певного складу з наперед заданими властивостями можна тільки в результаті постферментаційної хімічної модифікації або одержанням відповідних генно-модифікованих штампів-продуцентів.

На основі досліджень контрольованої регуляції властивостей поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, *Nocardia vacciniі* IMB B-7405 пропонується стратегія розробки технології біосинтезу мікробних ПАР зі стабільними заданими властивостями, яка складається з таких елементів:

- виявлення у складі комплексу ПАР компонентів, відповідальних за певні властивості та пошук факторів, які забезпечують переважний синтез таких складових;

- дослідження зміни властивостей ПАР в процесі культивування продуцента і визначенні фази росту, в якій відбувається синтез цільового продукту з необхідними властивостями;

- дослідження взаємозв'язку між властивостями ПАР та їх захисними функціями і визначення умов культивування продуцента, необхідних для прояву захисних функцій;

- спільне культивування продуцентів ПАР з конкурентними мікроорганізмами, у відповідь на наявність яких підвищується антимікробна та антиадгезивна активність синтезованого цільового продукту.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, *Nocardia vacciniі* IMB B-7405, регуляція антимікробної та антиадгезивної активності.

Постановка проблеми. Біодеградательні та нетоксичні мікробні поверхнево-активні речовини (ПАР) мультифункціонального призначення завдяки поверхнево-активним, емульгувальним властивостям, антимікробній та антиадгезивній активності є гідною альтернативою хімічним ПАР для використання у різних галузях промисловості, медицині, а також у природоохоронних технологіях [1—5].

Проте нині промисловий випуск ПАР мікробного походження обмежений лише невеликою кількістю фірм-виробників [6], хоча виробництво синтетичних ПАР у світі становить 15 млн т/рік, а до 2020 р. очікується збільшення їх обсягу до 24 млн т [7]. Така ситуація зумовлена недостатньо високою ефективністю мікробних технологій одержання поверхнево-активних речовин, однією з причин якої є високі витрати на процес біосинтезу, а також невисока концентрація синтезованих ПАР. Одним з підходів до зниження собівартості мікробних ПАР є використання як субстратів промислових відходів, зокрема відпрацьованої олії [8—10].

Іншим недоліком мікробних ПАР є можливість змінення їхніх властивостей залежно від умов культивування продуцента, оскільки вони є вторинними

метаболітами і синтезуються у вигляді комплексу подібних сполук, про що йшла мова у наших попередніх дослідженнях [11; 12]. У цих працях ми акцентували увагу на тому, що на теперішній час дослідження впливу умов культивування на властивості мікробних ПАР залишаються поза увагою дослідників. Разом з тим останніми роками збільшується кількість публікацій про залежність біологічних властивостей мікробних ПАР від їх хімічного складу [13—16], проте автори цих праць не досліджували залежність біологічних властивостей ПАР від умов культивування продуцентів і можливість регуляції таких властивостей у процесі біосинтезу.

Крім того, існуючі технології виробництва практично цінних вторинних метаболітів являють собою періодичні процеси, орієнтовані на максимальний вихід цільового продукту. Оскільки в процесі культивування склад синтезованих метаболітів може змінюватися, немає гарантій одержати продукт з потрібними для практичного використання властивостями.

Необхідність отримання мікробних ПАР із заданими властивостями зумовлена тим, що залежно від галузі практичного використання препаратів (природоохоронні технології, сільське господарство, медицина тощо) їх біологічні властивості повинні бути різними. Так, наприклад, для деструкції нафтових забруднень у воді та ґрунті недоцільно застосовувати поверхнево-активні речовини, що характеризуються високою антимікробною активністю. Це зумовлено тим, що основним механізмом підвищення деструкції нафти за наявності ПАР є солюбілізація вуглеводнів нафти і, як наслідок, активація природної нафтоокиснювальної мікробіоти, на яку ті ж самі ПАР можуть спричиняти антимікробну дію. Ефективні антимікробні та антиадгезивні властивості мікробних ПАР можуть бути успішно використані, наприклад, в складі дезінфікуючих і мийних засобів або в рослинництві для контролю чисельності фітопатогенних мікроорганізмів.

У зв'язку з викладеним вище **мета дослідження** — визначення фізіологічних підходів до регуляції властивостей мікробних поверхнево-активних речовин і розробка стратегії одержання таких препаратів стабільного складу з певними властивостями залежно від галузі можливого практичного застосування.

Викладення основних результатів дослідження. Об'єктами дослідження були ізольовані нами з забруднених зразків ґрунту штами нафтоокиснювальних бактерій [17], депоновані у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України як *Rhodococcus erythropolis* IMB Ас-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB В-7241, *Nocardia vaccinii* IMB В-7405.

За хімічною природою [18] ПАР *R. erythropolis* IMB Ас-5017 є комплексом гліко- (трегалозомоно- і диміколати), нейтральних (цетиловий спирт, пальмітинова кислота, метиловий ефір н-пентадеканової кислоти, міколові кислоти), аміно- і фосфоліпідів (фосфатидилгліцерин, фосфатидилетаноламін). У складі ПАР *A. calcoaceticus* IMB В-7241 виявлені гліко- (трегалозомоно- і диміколати, трегалозомоно- і діацелати) і аміноліпіди. *N. vaccinii* IMB В-7405 синтезує комплекс нейтральних, гліко- і аміноліпідів. Нейтральні ліпіди представлені міколовими і н-алкановими кислотами, гліколіпіди — трегалозодіацелатами і трегалозоміколатами.

Суть *першого* підходу до регуляції властивостей мікробних ПАР полягає у виявленні в їхньому складі компонентів, відповідальних за певні властивості та пошуку факторів, які забезпечують переважний синтез таких складових комплексу ПАР.

Згідно з літературними даними [19; 20], аміноліпіди є більш ефективними антимікробними агентами, ніж гліколіпіди, а нейтральні ліпіди характеризуються дуже слабкою антимікробною активністю. Отже, підвищений вміст у складі комплексу ПАР поверхнево-активних аміноліпідів може супроводжуватися посиленням антимікробної активності цільового продукту. Оскільки одним із механізмів антиадгезивної активності мікробних ПАР є їхня антимікробна дія, то препарати з високим вмістом аміноліпідів повинні бути й ефективними антиадгезивними агентами.

Біологічні властивості рамноліпідів визначаються співвідношенням моно- і дирамноліпідів у складі комплексу [21; 22], а також довжиною їх ацильного ланцюга [23]. Ще у 2005 р. [24] було встановлено, що властивості софороліпідів залежать від співвідношення у складі комплексу лактонної та нелактонної форм цих ПАР.

Згідно з літературними даними [22; 23; 25—31] досягти біосинтезу аміно-, рамно- і софороліпідів певного складу з наперед заданими властивостями можна тільки в результаті постферментаційної хімічної модифікації або одержанням відповідних генно-модифікованих штамів-продуцентів. У зв'язку з цим дослідження останніх років фокусуються саме на таких методах регуляції біологічних властивостей мікробних ПАР.

Методи генетичної та метаболічної інженерії використовуються дослідниками для одержання потенційних промислових штамів рамноліпідів [22; 23; 25]. Необхідність проведення таких досліджень зумовлена насамперед тим, що основні продуценти рамноліпідів є штамми патогенних бактерій *Pseudomonas aeruginosa*. У процесі створення генно-інженерних штамів непатогенних представників роду *Pseudomonas (Pseudomonas putida)* і *Burkholderia* було встановлено, що співвідношення моно- і дирамноліпідів у складі синтезованих ПАР можна модифікувати зміненням рівня експресії генів *rhlB* і *rhlC* [22]. Штами *P. aeruginosa* синтезують переважно коротколанцюгові рамноліпіди (Rha-Rha-C10-C10), у той час як представники роду *Burkholderia* — довголанцюгові (Rha-Rha-C14-C14). У [23] повідомляється про отримання на основі *Burkholderia glumae* генно-інженерного штаму *P. putida* KT2440, здатного до синтезу довголанцюгових рамноліпідів. Tiso із співавт. [25] за допомогою метаболічної інженерії створили штам *P. putida*, які синтезували різні за складом суміші монорамноліпідів, моно- і дирамноліпідів, а також продуценти тільки β-гідроксижирних кислот і гідроксиалканолалканоатів.

У [26] показано, що етилові ефіри моно- та діацетат-похідних софороліпідів є ефективнішими антибактеріальними агентами, ніж нативні софороліпіди у лактонній формі. Ribeiro із співавт. [27] розробили спосіб виділення з суміші лактонної і нелактонної форм софороліпідів на основі полімерних сорбентів Amberlite XAD16NTM, XAD18TM та XAD1600NTM і показали, що лактонним софороліпідам притаманна вища сперміцидна та протиракова активність. У [28] повідомляється про виявлення ферменту, відповідального

за лактонізацію софороліпідів. Відкриття гену *sble*, що кодує цю лактонестеразу, дало змогу одержати штами *S. bombicola*, здатні до синтезу або лактонної, або нелактонної форм цих гліколіпідів.

Zhihui із співавт. [30] досліджували біологічні властивості аміноліпідів *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9. Встановлено, що тільки дві фракції комплексу з шести (бацитрацин Д і фенгіцин) спричиняли антифунгальну дію на *Fusarium oxysporum*. Дослідники отримали генно-інженерні штами SQR9M1 і SQR9M2, які синтезували тільки фенгіцин і бацитрацин.

У [31] досліджували біологічні властивості (здатність до руйнування біоплівки, антимікробна активність, цитотоксичність) трьох дирамноліпідів, синтезованих *Lysinibacillus* sp. BV152.1, а також їх напівсинтетичних амідних похідних. Встановлено, що хімічна модифікація дирамноліпідів супроводжувалася підвищенням їх антимікробної, антиадгезивної активності та цитотоксичності.

Результати наших досліджень [11; 12; 32] свідчать про те, що існує значно простіший і не менш ефективний спосіб отримання мікробних ПАР з певними властивостями, а також показують можливість регуляції біологічних властивостей ПАР у процесі культивування продуцента на модифікованому середовищі, що містить активатори ферментів, відповідальних за синтез компонентів комплексу поверхнево-активних речовин з певними необхідними властивостями.

У попередніх дослідженнях було встановлено, що ключовим ферментом біосинтезу поверхнево-активних аміноліпідів (наїефективніших антимікробних агентів) у *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241, *N. vaccinii* ІМВ В-7405 і *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 є НАДФ⁺-залежна глутаматдегідрогеназа. У [11; 12; 33] показано, що активаторами цього ферменту в *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 є катіони кальцію (5 мМ), магнію (10 мМ) і цинку (0,001—0,01 мМ), у *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 — катіони кальцію (5 мМ), у *N. vaccinii* ІМВ В-7405 — катіони кальцію (5 і 10 мМ), натрію (25—100 мМ) і калію (50 і 100 мМ). У разі додаткового внесення активаторів ферменту або збільшення їх вмісту в середовищі культивування досліджуваних штамів спостерігали підвищення активності НАДФ⁺-залежної глутаматдегідрогеназної активності в 1,5—3 рази порівняно з такою на базовому середовищі.

Подальші дослідження показали, що додавання CaCl₂ (0,1 г/л) в середовище культивування *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, підвищення концентрації цієї солі до 0,4 г/л в середовищі для вирощування *N. vaccinii* ІМВ В-7405, а також додавання CaCl₂ (0,1 г/л), збільшення вмісту MgSO₄·7H₂O до 0,2 г/л або внесення Zn²⁺ (38 мкМ) в середовище культивування *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 супроводжувалося синтезом ПАР з підвищеною антимікробною та антиадгезивною активністю. Так, мінімальні інгібуючі концентрації (МІК) таких ПАР щодо тест-культури були в 1,2—13 разів нижчими, їхня адгезія на абіотичних поверхнях, оброблених цими препаратами, — в середньому на 10—40% нижчою, а ступінь руйнування біоплівок — на 7—20% вищим порівняно з показниками, встановленими для ПАР, отриманих на базовому середовищі.

Суть другого підходу до регуляції властивостей мікробних поверхнево-активних речовин полягає в дослідженні їхніх змін у процесі культивування продуцента і визначенні фази росту, в якій відбувається синтез ПАР з необхідними властивостями. Зазначимо, що в літературі відсутні відомості про залежність

антимікробної й антиадгезивної активності поверхнево-активних речовин мікробного походження від тривалості вирощування біологічних агентів.

Наші ж дослідження показали, що ПАР, синтезовані *N. vaccinii* ІМВ В-7405 упродовж 7 діб на рафінованій і відпрацьованій соняшниковій олії, виявилися ефективнішими антимікробними агентами щодо фітопатогенних бактерій, ніж ПАР, утворені на 5 добу культивування продуцента на цих субстратах [34].

Збільшення з 5 до 7 діб тривалості вирощування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на відпрацьованій після смаження картоплі олії супроводжувалося синтезом ПАР, МІК яких щодо бактерій (*Bacillus subtilis* БТ-2, *Escherichia coli* ІЕМ-1, *Proteus vulgaris* ПА-12, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Pseudomonas* sp. МІ-2, *Enterobacter cloacae* С-8, *Erwinia aroideae* Н-3) і дріжджів (*Candida tropicalis* РЕ-2, *Candida albicans* Д-6) знижувалися у 1,4—4 рази. Показник мінімальної інгібуючої концентрації ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405 корелював з наявністю у складі синтезованих ПАР аміноліпідів і активністю НАДФ⁺-залежної глутаматдегідрогенази — ключового ферменту їх біосинтезу [35]. Проте у разі збільшення з 5 до 7 діб тривалості вирощування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 як на очищеному, так і технічному гліцерині спостерігали зниження антимікробної й антиадгезивної активності синтезованих ПАР: мінімальні інгібуючі концентрації щодо більшості досліджуваних тест-культур підвищувалися у 1,5—2 рази.

Суть *третього* підходу до регуляції властивостей мікробних поверхнево-активних речовин полягає в дослідженні взаємозв'язку між властивостями ПАР та їх захисними функціями і визначенні умов культивування продуцента, необхідних для прояву захисних функцій. На жаль, поза увагою біотехнологів залишаються дослідження, пов'язані з вивченням фізіологічних функцій продуктів мікробного синтезу. З'ясування причин, які зумовлюють необхідність синтезу цих сполук для самого продуцента, дасть змогу з нових позицій підійти до вирішення багатьох проблем біотехнології, в тому числі й одержання метаболітів із заданими властивостями.

Фізіологія мікроорганізмів, яка вивчає зв'язок між їхньою метаболічною активністю і змінами умов навколишнього середовища, повинна відігравати центральну роль при розробці біотехнологій. Так, мікроорганізми-продуценти необхідно розглядати як об'єкти, властивості яких змінюються залежно від умов навколишнього середовища. Жодна сучасна техніка культивування не дасть очікуваних поліпшень процесів без знання основ фізіології продуцентів. Знання біохімії не дадуть інформації, як підвищити швидкість процесів, які засоби лімітування або інгібування застосувати. Мутанти-надсинтетичні продуктів метаболізму, отримані новітніми засобами генної інженерії, не будуть довго розвиватися, якщо не знайти оптимальні для них умови, що забезпечують для самої клітини переваги надсинтезу того або іншого метаболіту.

В останнє десятиліття в літературі з'являється все більше повідомлень про застосування мікробних ПАР у природоохоронних технологіях для видалення як важких токсичних металів, так і комплексних забруднень, що містять різні вуглеводні і метали [5—7]. У той же час нам не вдалося виявити публікацій, у яких досліджувався ріст і утворення ПАР за наявності важких металів, а концентрація металу і момент його внесення в середовище культивування

розглядалися б як фактори інтенсифікації синтезу мікробних поверхнево-активних речовин та регуляції їхніх властивостей.

Наші дослідження показали, що додавання Cu^{2+} (0,01—0,5 мМ) в експоненційній фазі росту *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241, *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 і *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на гідрофобних (гексадекан, рідкі парафіни, соняшникова олія) і гідрофільних (етанол, гліцерин) субстратах супроводжувалося підвищенням концентрації ПАР на 25—140% порівняно з показниками на середовищі без катіонів міді. Максимальна інтенсифікація синтезу ПАР спостерігалася у разі внесення Cu^{2+} в середовище з вуглеводнями, а підвищення синтезу ПАР за наявності катіонів міді зумовлено їх активуючим впливом на активність алкангідроксилази АлкБ типу (ферменту, що здійснює окиснення вуглеводнів) досліджуваних штамів, а також захисними функціями синтезованих ПАР. Так, показано, що виживання клітин штамів-продуцентів ПАР за дії 0,01—0,1 мМ катіонів міді досягало 50—65%, а після видалення поверхнево-активних речовин знижувалося до 0—10%.

Дослідження впливу ПАР, синтезованих штамми ІМВ В-7241, ІМВ Ас-5017 і ІМВ В-7405 на традиційних субстратах і промислових відходах, на розкладання нафти у воді (2,6—6 г/л) та ґрунті (20 г/кг), у тому числі й за наявності важких токсичних металів (0,01—0,5 мМ Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+}) показало, що найвищий ступінь деструкції нафтових забруднень (до 95%) спостерігався за наявності культуральної рідини після вирощування штамів на гексадекані та рідких парафінах. Внесення Cu^{2+} (0,1—0,5 мМ) в експоненційній фазі росту штамів ІМВ В-7241 і ІМВ Ас-5017 на неуглеводневих субстратах (етанол, відпрацьована олія) супроводжувалося утворенням ПАР, після обробки якими забруднених нафтою та важкими металами води і ґрунту ступінь розкладання нафти підвищувався на 8—15% порівняно з використанням препаратів ПАР, синтезованих у середовищі без катіонів міді. Інтенсифікація деструкції нафти за наявності таких ПАР може бути зумовлена активуючим впливом Cu^{2+} на активність алкангідроксилази і, як наслідок, попередньою адаптацією клітин до споживання вуглеводнів нафти. Крім того, поверхнево-активні речовини, потрапляючи у забруднені воду та ґрунт, утворюють комплекси з металами, а також емульгують нафту, у результаті чого відбувається детоксикація катіонів металів і підвищується біодоступність нафти як для клітин продуцентів ПАР, так і для природної нафтоокиснювальної мікробіоти, чисельність якої у воді після обробки ПАР збільшувалась на один-два порядки. Зазначимо, що виживання клітин нафтоокиснювальної мікробіоти води за наявності ПАР і катіонів металів (0,01—0,05 мМ) у суспензії становило 76—95%, тоді як без ПАР — усього 0,1—0,4%, що вказує на захисні властивості цих метаболітів щодо токсичної дії металу. Отже, механізм біоремедіації комплексних забруднень у воді полягає у солюбілізації нафти ПАР, активації катіонами міді алкангідроксилаз як продуцентів ПАР, так і природної нафтоокиснювальної мікробіоти, а також захисних функціях ПАР.

Суть *четвертого* підходу до регуляції антимікробної активності мікробних ПАР полягає у *спільному культивуванні продуцентів ПАР з конкурентними мікроорганізмами*. Передумовою для реалізації цього підходу стали літературні дані щодо інтенсифікації синтезу бактеріоцинів і їхньої антимікробної актив-

ності у відповідь на наявність у середовищі культивування сторонніх бактерій (так званих біологічних індукторів). Залежно від продуцентів бактеріоцину та штамів-індукторів у результаті спільного культивування має місце підвищення активності синтезованих антимікробних сполук [36; 37], збільшення їх концентрації [38; 39] або обидва ефекти спостерігаються одночасно [40].

У літературі [41; 42] є відомості про те, що в багатьох випадках спільне культивування мікроорганізмів приводить до синтезу нових антимікробних сполук, які не утворюються монокультурами.

У [41] встановлено, що наявність *Trichoderma* sp. 307 в середовищі культивування *Acinetobacter johnsonii* B2 індукує синтез штамом B2 як традиційних метаболітів, так і кількох нових сполук, здатних інгібувати ферменти метаболізму вуглеводів. Автори праці [42] проводили як спільне, так і окреме культивування *Actinokineospora* sp. EG49 та *Nocardiopsis* sp. RV163, після чого проводили виділення, ідентифікацію та дослідження властивостей синтезованих вторинних метаболітів. Було встановлено, що спільне вирощування індукувало утворення *Nocardiopsis* sp. RV163 1,6-дихлорфеназину, який спричиняв антимікробну дію на *Bacillus* sp. P25, представників роду *Trypanosoma* та *Actinokineospora* sp. EG49.

Останніми роками у літературі стали з'являтися повідомлення [43; 44] про можливість індукованого синтезу поверхнево-активних речовин за наявності конкурентних мікроорганізмів.

У [43] досліджувалася дія на деякі бактерії антимікробних сполук (у тому числі й ПАР), синтезованих штамом *Exiguobacterium* sp. HKG-126 як у вигляді моно-, так і змішаних культур з патогенними штамми *Arthrobacter* sp. HKG 115, *Bacillus sonorensis* HKG 102, *Micrococcus luteus* та *Staphylococcus aureus*. Показано, що за наявності патогенних мікроорганізмів антимікробна дія синтезованих сполук посилювалася — МІК знижувався у 1,5—2 рази порівняно з ПАР, синтезованими у монокультурі.

У статті [44] описано, що значне підвищення антимікробної дії ПАР *Bacillus amyloliquefaciens* LBM 5006 спостерігали за спільного культивування з *E. coli* ATCC 25922, тоді як додавання клітин *S. aureus* ATCC 25923 та *Bacillus cereus* ATCC 9634 не спричиняло ніякого впливу на властивості синтезованих метаболітів. Внесення інактивованих клітин штаму ATCC 25922 у середовище культивування продуцента ПАР також супроводжувалося підвищенням антимікробної активності поверхнево-активних речовин, у той час як у разі додавання безклітинного екстракту *E. coli* такого ефекту не спостерігали.

Наші експерименти показали, що внесення у середовище вирощування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 як живих, так і інактивованих клітин *E. coli* ІЕМ-1 і *B. subtilis* БТ-2 супроводжувалося синтезом ПАР з підвищеною антимікробною активністю. Так, мінімальні інгібуючі концентрації щодо бактерій і дріжджів поверхнево-активних речовин, синтезованих за наявності *E. coli* ІЕМ-1 і *B. subtilis* БТ-2, становили 6—50 мкг/мл і були в 2,4—13 разів нижчими, ніж МІК ПАР, утворених на середовищі без бактерій-індукторів. Ступінь руйнування біоплівки *E. coli* ІЕМ-1, *B. subtilis* БТ-2, *Pseudomonas* sp. МІ-2 та *S. aureus* БМС-1 за наявності ПАР, синтезованих під час спільного культи-

ування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 з *E. coli* ІЕМ-1 і *B. subtilis* БТ-2, був на 15—20% вищим порівняно з показниками, встановленими для поверхнево-активних речовин, утворених на середовищі без бактерій-індукторів.

Принциповою відмінністю одержаних нами результатів від описаних у літературі є те, що у відповідь на наявність конкурентних мікроорганізмів у середовищі культивування продуцента ПАР підвищується не синтез цільового продукту (поверхнево-активних речовин), а посилюється їхня антимікробна дія, причому не тільки на бактерії-індуктори, а й інші бактерії та дріжджі. Крім того, встановлено, що внесення в середовище культивування продуцента ПАР сторонніх мікроорганізмів дає змогу підвищити не тільки антимікробну, а й антиадгезивну активність синтезованих поверхнево-активних речовин.

Висновки

Отже, реалізація фізіологічних підходів до регуляції властивостей поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241, *N. vaccinii* ІМВ В-7405 і *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 стала основою для розробки стратегії одержання мікробних ПАР зі стабільними заданими властивостями залежно від галузі їх практичного використання.

Література

1. Fracchia L., Banat J.J., Cavallo M., Ceresa C., Banat I.M. Potential therapeutic applications of microbial surface-active compounds. *AIMS Bioengineering*. 2015, 2(3): 144—162. doi: 10.3934/bioeng.2015.3.144
2. Paulino B.N., Pessôa M.G., Mano M.C., Molina G., Neri-Numa I.A., Pastore G.M. Current status in biotechnological production and applications of glycolipid biosurfactants. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2016, 100(24): 10265—10293. doi: 10.1007/s00253-016-7980-z.
3. Irorere V.U., Tripathi L., Marchant R., McClean S., Banat I.M. Microbial rhamnolipid production: a critical re-evaluation of published data and suggested future publication criteria. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2017, 101(10): 3941—3951. doi: 10.1007/s00253-017-8262-0.
4. Franco Marcelino P.R., da Silva V.L., Rodrigues Philippini R., Von Zuben C.J., Contiero J., Dos Santos J.C., da Silva S.S. Biosurfactants produced by *Scheffersomyces stipitidis* cultured in sugarcane bagasse hydrolysate as new green larvicides for the control of *Aedes aegypti*, a vector of neglected tropical diseases. *PLoS One*. 2017, 12(11): e0187125. doi: 10.1371/journal.pone.0187125.
5. Parthipan P., Preetham E., Machuca L.L., Rahman P.K., Murugan K., Rajasekar A. Biosurfactant and degradative enzymes mediated crude oil degradation by bacterium *Bacillus subtilis* A1. *Front. Microbiol.* 2017, 8:193. doi: 10.3389/fmicb.2017.00193. 2017.
6. Sekhon Randhawa K.K., Rahman P.K. Rhamnolipid biosurfactants — past, present, and future scenario of global market. *Front. Microbiol.* 2014, 5:454. doi: 10.3389/fmicb.2014.00454.
7. Chong H., Li Q. Microbial production of rhamnolipids: opportunities, challenges and strategies. *Microb. Cell Fact.* 2017, 16(1):137. doi: 10.1186/s12934-017-0753-2.
8. Ebadipour N., Lotfabad T.B., Yaghmaei S., RoostaAzad R. Optimization of low-cost biosurfactant production from agricultural residues through response surface methodology. *Prep. Biochem. Biotechnol.* 2016, 46(1): 30—38. doi: 10.1080/10826068.2014.979204.
9. Pirog T.P., Shulyakova M.O., Nikituk L.V., Antonuk S.I., Elperin I.V. Industrial waste bioconversion into surfactants by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Nocardia vaccinii* IMV B-7405. *Biotechnologia acta*. 2017, 10(2): 22—33. <https://doi.org/10.15407/biotech10.02.022>.
10. Almeida D.G., Soares da Silva R.C., Luna J.M., Rufino R.D., Santos V.A., Sarubbo L.A. Response surface methodology for optimizing the production of biosurfactant by *Candida tropicalis* on industrial waste substrates. *Front. Microbiol.* 2017, 8:157. doi: 10.3389/fmicb.2017.00157.

11. Pirog T.P., Sidor I.V., Lutsai D.A. Calcium and magnesium cations influence on antimicrobial and antiadhesive activity of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants. *Biotechnologia acta*. 2016, 9(6): 50—57. [https://doi.org/ 10.15407/biotech9.06.050](https://doi.org/10.15407/biotech9.06.050).
12. Pirog T.P., Nikituk L.V., Shevchuk T.A. Influence of divalent cations on synthesis of *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 surfactants with high antimicrobial and anti-adhesion activity. *Mikrobiol. Z.* 2017, 79(5): 13—22. doi: <http://microbiolj.org.ua/en/archiv/2017-tom-79/5-sep-oct-tom-79/2017-79-5-02>. Ukrainian.
13. De Rienzo M.A., Martin P.J. Effect of mono and di-rhamnolipids on biofilms pre-formed by *Bacillus subtilis* BBK006. *Curr. Microbiol.* 2016, 73(2): 183—189. doi: 10.1007/s00284-016-1046-4.
14. Kim K., Lee Y., Ha A., Kim J.I., Park A.R., Yu N.H., Son H., Choi G.J., Park H.W., Lee C.W., Lee T., Lee Y.W., Kim J.C. Chemosensitization of *Fusarium graminearum* to chemical fungicides using cyclic lipopeptides produced by *Bacillus amyloliquefaciens* strain JCK-12. *Front. Plant Sci.* 2017, 8:2010. doi: 10.3389/fpls.2017.02010.
15. Tiso T., Zauter R., Tulke H., Leuchtle B., Li W.J., Behrens B., Wittgens A., Rosenau F., Hayen H., Blank L.M. Designer rhamnolipids by reduction of congener diversity: production and characterization. *Microb. Cell Fact.* 2017, 16(1):225. doi: 10.1186/s12934-017-0838-y.
16. Ramachandran R., Shrivastava M., Narayanan N.N., Thakur R.L., Chakrabarti A., Roy U. Evaluation of antifungal efficacy of three new cyclic lipopeptides of the class bacillomycin from *Bacillus subtilis* RLID 12.1. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2018, 62:e01457-17; doi:10.1128/AAC.01457-17.
17. Pirog T.P., Shevchuk T.A., Voloshina I.N., Gregirchak N.N. Use of claydite-immobilized oil-oxidizing microbial cells for purification of water from oil. *Appl. Biochem. Microbiol.* 2005, 41(1): 51—55. <https://doi.org/10.1007/s10438-005-0010-z>.
18. Pirog T., Sofilkanych A., Konon A., Shevchuk T., Ivanov S. Intensification of surfactants' synthesis by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Nocardia vaccinii* K-8 on fried oil and glycerol containing medium. *Food Bioprod. Process.* 2013, 91(2): 149—157. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2013.01.001>.
19. Cochrane S.A., Vederas J.C. Lipopeptides from *Bacillus* and *Paenibacillus* spp.: a gold mine of antibiotic candidates. *Med. Res. Rev.* 2016, 36(1): 4—31. doi 10.1002/med.21321.
20. Bernat P., Paraszkievicz K., Siewiera P., Moryl M., Plaza G., Chojniak J. Lipid composition in a strain of *Bacillus subtilis*, a producer of iturin A lipopeptides that are active against uropathogenic bacteria. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2016, 32(10). doi: 10.1007/s11274-016-2126-0.
21. De Rienzo M.A., Martin P.J. Effect of mono and di-rhamnolipids on biofilms pre-formed by *Bacillus subtilis* BBK006. *Curr. Microbiol.* 2016, 73(2): 183—189. doi: 10.1007/s00284-016-1046-4.
22. Chong H., Li Q. Microbial production of rhamnolipids: opportunities, challenges and strategies. *Microb. Cell Fact.* 2017, 16(1):137. doi: 10.1186/s12934-017-0753-2.
23. Wittgens A., Santiago-Schuebel B., Henkel M., Tiso T., Blank L.M., Hausmann R., Hofmann D., Wilhelm S., Jaeger K.E., Rosenau F. Heterologous production of long-chain rhamnolipids from *Burkholderia glumae* in *Pseudomonas putida* — a step forward to tailor-made rhamnolipids. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2017. doi: 10.1007/s00253-017-8702-x.
24. Ashby R.D., Nuñez A., Solaiman D.K.Y., Foglia T.A. Sophorolipid biosynthesis from a biodiesel co-product stream. *JAACS.* 2005, 82(9): 625—630.
25. Tiso T., Zauter R., Tulke H., Leuchtle B., Li W.J., Behrens B., Wittgens A., Rosenau F., Hayen H., Blank L.M. Designer rhamnolipids by reduction of congener diversity: production and characterization. *Microb. Cell Fact.* 2017, 16(1):225. doi: 10.1186/s12934-017-0838-y.
26. Sleiman J.N., Kohlhoff S.A., Roblin P.M., Wallner S., Gross R., Hammerschlag M.R., Zenilman M.E., Bluth M.H. Sophorolipids as antibacterial agents. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 2009; 39(1): 60—63.
27. Ribeiro I.A., Bronze M.R., F Castro M., Ribeiro M.H. Selective recovery of acidic and lactonic sophorolipids from culture broths towards the improvement of their therapeutic potential. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 2016, 39(12):1825—1837. doi: 10.1007/s00449-016-1657-y.
28. Roelants S.L., Ciesielska K., De Maeseneire S.L., Moens H., Everaert B., Verweire S., Denon Q., Vanlerberghe B., Van Bogaert I.N., Van der Meeren P., Devreese B., Soetaert W. Towards the industrialization of new biosurfactants: Biotechnological opportunities for the lactone esterase gene from *Starmarella bombicola*. *Biotechnol. Bioeng.* 2016, 113(3): 550—559. doi: 10.1002/bit.25815.

29. Mandal S.M., Barbosa A.E., Franco O.L. Lipopeptides in microbial infection control: scope and reality for industry. *Biotechnol. Adv.* 2013, 31(5), 338—345. doi: 10.1016/j.biotechadv.2013.01.004.
30. Zhihui X., Jiahui S., Bing L., Xin Y., Qirong S., Ruifu Z. Contribution of bacillomycin D in *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9 to antifungal activity and biofilm formation. *Appl. Environ. Microbiol.* 2013, 79(3), 808—815. doi: 10.1128/AEM.02645-12.
31. Aleksic I., Petkovic M., Jovanovic M., Milivojevic D., Vasiljevic B., Nikodinovic-Runic J., Senerovic L. Anti-biofilm properties of bacterial di-rhamnolipids and their semi-synthetic amide derivatives. *Front. Microbiol.* 2017,8:2454. doi: 10.3389/fmicb.2017.02454.
32. Pirog T.P., Savenko I.V., Shevchuk T.A. Effect of Zn²⁺ on synthesis of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants with antimicrobial and antiadhesive properties. *Microbiol. Z.* 2016, 78(4): 49—58. http://microbiolj.org.ua/images/files/magazine/2016/4/-2016_78_4_05_Pirog.pdf. Russian.
33. Pirog T.P., Shevchuk T.A., Savenko I.V., Lutsai D.A. Influence of cations on NADP⁺-dependent glutamate dehydrogenase activity in bacteria of genera *Acinetobacter*, *Rhodococcus* and *Nocardia* — producers of surfactants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, biological series*, 2017, 4: 73—80.
34. Pirog T.P., Panasyuk E.V., Nikityuk L.V., Iutinska G.O. Influence of cultivation conditions on antimicrobial properties of *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 surfactants. *Biotechnologia Acta*, 2016, 9(1): 38—47. <https://doi.org/10.15407/biotech9.01.038>.
35. Pirog T.P., Nikituk L.V., Antonuk S.I., Shevchuk T.A., Iutynska G.O. Peculiarities of *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 surfactants synthesis on waste oil of different quality and their antimicrobial properties. *Mikrobiol. Z.* 2017, 79(2): 13—22. <http://microbiolj.org.ua/en/archiv/-2017-tom-79/2-mar-apr-tom-79/2017-79-2-02>. Ukrainian.
36. Man L., Meng X.C., Zhao R. Induction of plantaricin MG under co-culture with certain lactic acid bacterial strains and identification of LuxS mediated quorum sensing system in *Lactobacillus plantarum* KLDS1.0391. *Food Control.* 2012, 23(2): 462—469. doi: 10.1016/j.foodcont.2011.08.015.
37. Tabasco R., García-Cayuela T., Peláez C., Requena T. Lactobacillus acidophilus La-5 increases lactacin B production when it senses live target bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 2009, 132(2—3): 109—116. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.04.004.
38. Somkuti G.A., Steinberg D.H. Pediocin production in milk by *Pediococcus acidilactici* in co-culture with *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2010, 37(1): 65—69. doi: 10.1007/s10295-009-0648-2.
39. Mathys S., Meile L., Lacroix C. Co-cultivation of a bacteriocin-producing mixed culture of *Bifidobacterium thermophilum* RBL67 and *Pediococcus acidilactici* UVA1 isolated from baby faeces. *J. Appl. Microbiol.* 2009, 107(1): 36—46. doi: 10.1111/j.1365-2672.2009.04186.x.
40. Chang J.Y., Lee H.J., Chang H.C. Identification of the agent from *Lactobacillus plantarum* KFRI464 that enhances bacteriocin production by *Leuconostoc citreum* GJ7. *J. Appl. Microbiol.* 2007, 103(6): 2504—2515.
41. Zhang L., Niaz S.I., Khan D., Wang Z., Zhu Y., Zhou H., Lin Y., Li J., Liu L. Induction of diverse bioactive secondary metabolites from the mangrove endophytic fungus *Trichoderma* sp. (Strain 307) by co-cultivation with *Acinetobacter johnsonii* (Strain B2). *Mar. Drugs.* 2017, 15(2). doi: 10.3390/md15020035.
42. Dashti Y., Grkovic T., Abdelmohsen U.R., Hentschel U., Quinn R.J. Production of induced secondary metabolites by a co-culture of sponge-associated actinomycetes, *Actinokineospora* sp. EG49 and *Nocardiosis* sp. RV163. *Mar. Drugs.* 2014, 12(5): 3046—3059. doi: 10.3390/md12053046.
43. Pathak R., Kumar R., Gautam H.K. Cross-species induction and enhancement of antimicrobial properties in response to gamma irradiation in *Exiguobacterium* sp. HKG 126. *Indian J. Microbiol.* 2013, 53(2): 130—136. doi: 10.1007/s12088-013-0369-0.
44. Benitez L., Correa A., Daroit D., Brandelli A. Antimicrobial activity of *Bacillus amyloliquefaciens* LBM 5006 is enhanced in the presence of *Escherichia coli*. *Curr. Microbiol.* 2011, 62(3): 1017—1022. doi: 10.1007/s00284-010-9814-z.

SODIUM ALGINATE AS A BASIS FOR IMMOBILIZATION AND CONCENTRATING OF BACTERIA OF GENUS *CLOSTRIDIUM*

S. Skrotskyi, L. Khomenko, V. Pidgorskyi

Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Ukraine

Key words:

Sodium alginate
Clostridium
Acetobutylicum
Calcium chloride
*Complex activator of
acetanobutyl fermentation*
Gel
Granules
Release form

Article history:

Received 14.03.2019
Received in revised form
01.04.2019
Accepted 18.04.2019

Corresponding author:

S. Skrotskyi
E-mail:
bio-imv@ukr.net

ABSTRACT

One of the priority directions of biofuel technology development is the production of bio-butyl alcohol. The main problem in obtaining this biofuel is the toxicity of final products for the microorganisms themselves which limits the possibilities of its microbial synthesis. Today different approaches are used to solve this problem and to intensify the process of ABE-fermentation. One of such solutions is the search of new super-active strains of bacterial producers, obtained by methods of genetic engineering and also through optimization of production, use of more advanced systems of accumulation and withdrawal of final products.

In this study we investigated the technological parameters of immobilization of microorganisms in the “net” of alginate gel (biodegradation of calcium alginate by strains of microorganisms). There was also selected the optimal ratio of concentrations of sodium alginate and calcium chloride in order to optimize the composition of granules. The main properties of immobilized microorganisms which are included in the complex activator of acetanobutyl fermentation (CAABF) were studied (such as fermentation initial time, titre of cells in the alginate granules, amounts of consumed glucose and synthesized butanol).

It has been shown that the minimum concentration of sodium alginate needed for gel formation and subsequent immobilization of microorganisms is 20 g/L and the concentration of calcium salts for these processes must be not less than 5 g/L. The optimum size of wet granules as an effective release form of the fermentation activator should be 1.5—2 mm. The total loss of viable (CFU) cells when processing from the culture fluid to the dry granular preparation is about 20—25%. With use of CAABF fractional administration method there was achieved the bio-butanol yield of 14.2 g/L in 42 hours from glucose fermentation.

АЛЬГІНАТ НАТРІЮ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ІММОБІЛІЗАЦІЇ ТА КОНЦЕНТРУВАННЯ БАКТЕРІЙ РОДУ *CLOSTRIDIUM*

С.О. Скроцький, Л.А. Хоменко, В.С. Підгорський

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

Одним із пріоритетних напрямків розвитку технології біопалив є отримання біобутилового спирту. Основною проблемою при отриманні цього біопалива є токсичність кінцевих продуктів для самих мікроорганізмів, що обмежує можливості його мікробного синтезу. Сьогодні використовуються різні підходи для розв'язання цієї проблеми та інтенсифікації процесу АБЕ-ферментації. Зокрема, за рахунок пошуку нових надактивних штамів бактерій-продуцентів, отриманих методами генної інженерії, а також за рахунок оптимізації виробництва, через використання більш досконалих систем накопичення і відведення кінцевих продуктів.

У статті визначено технологічні параметри іммобілізації мікроорганізмів у «решітку» альгінатного гелю (біодеградація альгінату кальцію штамми мікроорганізмів). Підібрано співвідношення концентрацій альгінату натрію та хлориду кальцію для оптимізації складу гранул. Досліджено основні властивості іммобілізованих мікроорганізмів (встановлення часу початку бродіння, титру клітин в альгінатних гранулах, кількість спожитої глюкози та синтезованого бутанолу), що входять до складу комплексного активатора ацетоно-бутилового бродіння (КААББ).

Встановлено, що мінімальна концентрація альгінату натрію для гелеутворення та наступної іммобілізації мікроорганізмів становить 20 г/л, а концентрація солей кальцію має бути не менша ніж 5 г/л. Оптимальний розмір вологих гранул як ефективною форми випуску активатора бродіння має становити 1,5—2 мм. Загальна втрата життєздатних клітин КУО від культуральної рідини до отримання сухого гранульованого препарату становить близько 20—25%. При зброджуванні глюкози методом дробного внесення КААББ було досягнуто отримання 14,2 г/л біобутанолу за 42 год.

Ключові слова: альгінат натрію, *Clostridium acetobutylicum*, хлорид кальцію, комплексний активатор ацетоно-бутилового бродіння, гель, гранули, форма випуску.

Постановка проблеми. На сучасному етапі бутиловий спирт є одним з перспективних біопалив. Він має високу енергоємність, за рахунок якої можливий високий коефіцієнт його змішування з бензином і дизельним паливом. При його використанні не потрібна зміна конструкції двигуна. Бутиловий спирт може використовуватись як розчинник у промисловому виробництві (у лакофарбовій промисловості, у виробництві смол і пластифікаторів) тощо. Для отримання бутанолу біологічним способом використовують сольвентогенні бактерії роду *Clostridium*, які здатні зброджувати не тільки зернові та субстрати, а й широкий спектр відходів харчової та сільськогосподарської промисловості [1; 2]. В процесі зброджування види цього

роду виробляють три основні класи продуктів: розчинник (ацетон, бутанол і етанол), органічні кислоти (ацетат і бутират) і гази (діоксид вуглецю і водень). Але класична схема отримання біобутанолу має певні недоліки, до яких відносяться дегенерація штамів, токсичність кінцевих продуктів, утворення побічних продуктів, низька концентрація бутанолу та висока вартість субстрату. Тому основним напрямком досліджень обрано розробку економічно-ефективних технологій виробництва біобутанолу з використанням сольвентогенних бактерій роду *Clostridium* [3]. Отже, актуальним є питання пошуку методик їх активації, розробки мікробіологічних і технологічних прийомів з високою ефективністю продукування розчинників. Одним із способів підняття ефективності технологій отримання біопалив є застосування іммобілізованих клітин. Використання іммобілізованих мікроорганізмів у процесі ферментації має певні переваги, а саме: збільшення продуктивності ацидогенезу та сольвентогенезу при ферментації, можливість і полегшення організації безперервного культивування (запобігає надлишковій втраті біомаси клітин), підвищує стійкість до високих концентрацій продуктів бродіння (бутанол, масляна кислота, ацетон, етанол), обумовлення нижчих витрат на відновлення для наступного циклу ферментації [2—4]. Відомі такі методи іммобілізації клітин, як адсорбція (чи адгезія), зшивання, мікрокапсулювання, використання мембранних реакторів (рис. 1).

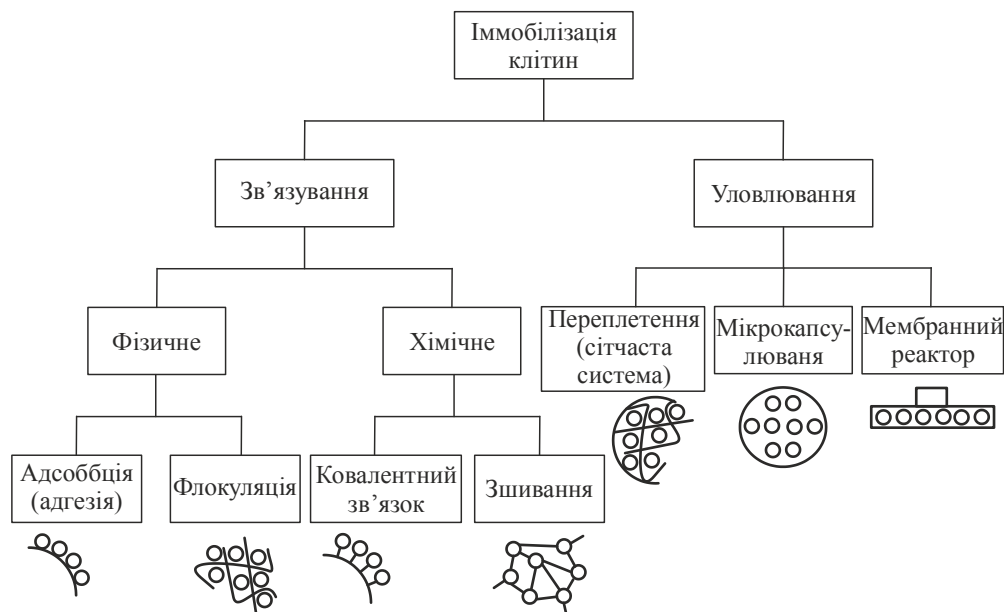


Рис. 1. Методи іммобілізації клітин мікроорганізмів

Схема, зображена на рис. 1, є простою класифікацією на основі механізму дії з клітиною. Іммобілізація клітин не є суто технологічним поняттям, а відображає існуючі явища, які спостерігаються в природі. У природних умовах певні мікроорганізми здатні рости у вигляді плівок, адсорбуватися на різноманітних біотичних і абіотичних речовинах (наприклад, пісок, ґрунт,

цегла, рослини, мінеральні та металеві поверхні). Адсорбція — це процес, що відбувається на різних природних або синтетичних поверхнях та може бути використаний як носій для прикріплення мікробних клітин. Тому багатьма дослідниками був вивчений вплив різних типів іммобілізації клітин клостридій на збільшення утворення розчинників (табл. 1). Дослідження проводились з використанням високої щільності клітин клостридій на різних типах носіїв, таких як активоване вугілля [5], цегла [5—8], рослинні рештки [9—12], волокнисті матеріали [13] та матеріали з трикотажу, з нержавіючої сталі або поліуретану [12; 14].

Таблиця 1. Синтез бутанолу іммобілізованими бактеріями роду Clostridium

Мікроорганізм	Тип іммобілізації	Концентрація бутанолу, г/л	Вихід розчинника, г/г	Джерело
<i>Clostridium tyrobutyricum</i>	Біореактор з волокнистим шаром з використанням тростинної патоки	26,2*	0,47	[16]
<i>Clostridium acetobutylicum</i> CICC 801	Біоплівкова іммобілізація на активованому вугіллі, макусі та цеглі	5,8	0,42	[5]
<i>Clostridium beijerinckii</i> TISTR 1461	Іммобілізація на цеглі	5,80	0,14	[6]
	Іммобілізація на цеоліті	8,58	0,16	
<i>Clostridium pasteurianum</i> DSM 525	Іммобілізація на шматочка кукурудзяної соломи	10,4	0,33	[9]
<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Іммобілізація на цеглі (0,15—2,4 мм)	8,71	нв	[7]
<i>Clostridium beijerinckii</i>	Адсорбція на відходах пальмового дерева, (шкаралупа, волокна, листя)	17,5 — 31,5	нв	[10]
<i>Clostridium beijerinckii</i> NCIMB 8052	Біореактор з фіброзним шаром	4,9 — 5,3	0,41	[17]
<i>Clostridium acetobutylicum</i> DSM 792	Адсорбція на кокосовому волокні та на волокнах деревної маси	14,32	нв	[11]
<i>Clostridium acetobutylicum</i> ATCC 55025	Біореактор з волокнистим шаром	нв	0,42	[13]
<i>Clostridium beijerinckii</i> NCIMB 8052	Пористий гідрофільний носій з додаванням бутирату	11,2	0,44	[14]
<i>Clostridium beijerinckii</i> BA101	Адсорбція на глиняній цеглі	15,8	0,38	[8]
<i>C. saccharoperbutylacetonicum</i> N1-4	Альгінат, стальна щітка, нейлонова щітка, поліуретан, пальмова олія, фруктові щітки	16,24	нв	[12]

Примітка: * — концентрація бутирату, нв — не визначали.

Метод уловлювання — найбільш вивчений метод. Мікробні клітини фізико-механічно уловлюються (включаються) безпосередньо в полімерні пористі сітки або матриці. Результати використаної методики залежать від іонів полімеру, його властивостей (наприклад, розчинності) і механізмів іммобілізації. Досліджені такі полімерні матриці: агар, альгірати натрію, калію, каррагінан, целюлоза та її похідні, хітозан, колаген, желатин, епоксидні смоли, нейлонові форполи, поліакриламін і полієфір [12; 15], які використовують і для проведення біосинтезу на мембранах [16; 17]. Тип і структура носія також має велике значення для стабільності процесу, тому для зменшення недоліків іммобілізації все більше приділяється уваги вибору методів іммобілізації [15]. Отже, найбільшими технологічно цікавими та популярними методами іммобілізації є уловлювання (включення) й адсорбція, бо вони зручні, нетоксичні, не потребують великих затрат.

Пошук активних штамів мікроорганізмів, підбір їх видового складу, форми випуску ефективних активаторів ацетоно-бутилового бродіння обумовлені необхідністю вирішення ряду проблем. Основними серед них, при отриманні кінцевих продуктів бродіння бутирату та біобутанолу, є висока специфічність і, як наслідок, низька ефективність зброджування широкого спектра субстратів монокультурами, вплив токсичної дії на АББ самих продуктів бродіння, технологічна складність управління двостадійним процесом зброджування тощо [18].

Одним із методів підвищення ефективності зброджування є сумісне використання декількох штамів. Такий підхід дає змогу розширити спектр субстратів, що зброджуються, та вести швидше та глибше їх зброджування внаслідок комбінованого використання штамів (ефективних продуцентів масляної кислоти) на початку процесу, а на другій стадії — ефективних сольвентогенних бактерій [19]. Використання багатокомпонентного комплексного активатора ацетоно-бутилового бродіння (КААББ) є перспективним для збільшення ефективності технологічного процесу ацетоно-бутилового бродіння, його популяризації через ефект спрощення допоміжних стадій технологічного процесу.

Необхідною умовою застосування в технології «прямого внесення» будь-якого бактерійного концентрату є оптимальна (зручна) для використання форма його випуску. Поняття «зручності» використання в біотехнології об'єднує в собі і отримання готової форми випуску з мінімальними втратами активності, і ефективність та довгий час зберігання, зручність внесення та додатковий захист або стимулюючі властивості порівняно із застосуванням звичайних суспензій мікроорганізмів. Саме таким критеріям відповідає форма випуску бактерійних концентратів, іммобілізованих у решітку гелю з подальшою полімеризацією та висушуванням препарату [20]. Готова форма бактеріального концентрату у вигляді сухих альгіратних гранул є саме такою, що відповідає всім вказаним вище критеріям. Розробка основ технології отримання біологічного активатора КААББ — *комплексного активатора ацетоно-бутилового бродіння* та рекомендацій щодо його застосування дасть змогу значно спростити проведення процесу отримання бутирату та біобутанолу і, як наслідок, розширити спектр потенційних його виробників.

Мета дослідження: визначити технологічні параметри іммобілізації мікроорганізмів у «решітку» альгінатного гелю, дослідити основні технологічні властивості іммобілізованих мікроорганізмів, що входять до складу активатора ацетоно-бутилового бродіння, розробити технологічні прийоми отримання зручної у використанні й ефективної для зберігання форми випуску концентрату ацетоно-бутилових бактерій-активатора ацетоно-бутилового бродіння КААББ для його широкого застосування.

Матеріали і методи. *Об'єкт дослідження:* консорціум зі штамів мікроорганізмів *Clostridium tyrobutyricum* ІМВ В-7701, *Clostridium beijerinckii* ІМВ В-7806, *Clostridium acetobutylicum* ІМВ В-7807 як комплексний активатор ацетоно-бутилового бродіння (КААББ) для отримання масляної кислоти та бутанолу. Використання альгінатного гелю як іммобілізуючого агента з додатковими антитоксичними властивостями, ефективного засобу концентрування висушування та зберігання мікроорганізмів-активаторів ацетоно-бутилового бродіння. Альгінатні сухі гранули — технологічна і зручна форма для широкого використання комплексного активатора бродіння при отриманні бутирату та розчинників з різноманітних субстратів.

Для проведення вибору найоптимальнішої кількості поживних речовин, необхідних для максимального утворення розчинників у результаті ацетоно-бутилового бродіння, використовували синтетичне середовище такого складу (г/л): глюкоза — 50; KH_2PO_4 — 0,5; $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ — 0,5; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,2; $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ — 0,01; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,01, NaCl — 0,01; ацетат амонію — 2,2, параамінобензойна кислота — 0,001, біотин — 0,00001.

Перед використанням вказане стерилізоване середовище відновлювали в киплячій воді, а потім швидко охолоджували на крижаній бані до бажаної температури. Цей процес дав змогу усунути розчинений кисень з навколишнього середовища й отримати умови анаеробіозу без додаткових відновників.

Концентрація глюкози в середовищі становила 5% і була достатньою для отримання значного рівня перетворення цукрів у розчинники (від 28 до 32%). Ефекти впливу концентрації кожного компонента поживної речовини досліджені шляхом визначення концентрації бутирату, бутанолу та глюкози.

Для визначення ефективності збродження субстратів різними штамми та їх консорціумами спирались на раніше отримані дані [21; 22]. Штами, що були ідентифіковані, визначені як непатогенні та нетоксичні, депоновані у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України як *Clostridium tyrobutyricum* ІМВ В-7701, *Clostridium beijerinckii* ІМВ В-7806, *Clostridium acetobutylicum* ІМВ В-7807. Для порівняння використовувалось збродження глюкози при послідовному внесенні інокуляту штамів *Clostridium tyrobutyricum* ІМВ В-7701, *Clostridium beijerinckii* ІМВ В-7806, та при досягненні значень рН — 4,5 — додатковим внесенням інокуляту штамів *Clostridium acetobutylicum* ІМВ В-7807. Значення рН при проведенні процесу підтримували на рівні не нижче за показник 4,5.

Оптичну густина суспензій бактерій вимірювали при довжині хвилі 590 нм нефелометричним методом за допомогою спектрофотометра Specord M-40 (Carl Zeiss, Jena, Німеччина) в кварцових кюветах з довжиною оптичного шляху 10 мм.

Динаміку приросту біомаси оцінювали за даними нефелометричних вимірювань оптичної густини клітинних суспензій. Питому швидкість росту бактеріальних культур визначали методом нелінійної регресії [23].

Швидкість перебігу стадії кислотоутворення визначали за швидкістю зниження показника рН. Динаміка зміни вказаного показника при зброджуванні субстратів від нейтрального до значень 4,5 є важливим технологічним показником. Швидкість вимірювалась у годинах від початку внесення культури бактерій у субстрат і до досягнення значень рН — показника 4,5. Значення цього показника дає змогу визначити ефективність кислотоутворення штамами АББ (ацетонобутилових бактерій). Після досягнення значень рН — 4,5 подальше його зниження досягалось додаванням до субстрату, що зброджувався 0,1М NaOH.

Визначення розчинників бутанолу, етанолу, ацетону проводили двома методами. Перший метод, розроблений Б.М. Нахмановичем [24; 25], ґрунтується на окисленні спиртів і ацетону біхроматом калію за наявності сірчаної кислоти [26].

Визначення вмісту розчинників і бутирату проводили також і на газорідинному хроматографії. Кількісне визначення коротколанцюгових жирних кислот вивчали методом газової хроматомас-спектрометрії на приладі Agilent 6890N/5973inert (Agilent Technologies, USA), колонка капілярна HP-INNOWax (30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм) (J & W Scientific, USA). Розділення проводили з градієнтом температури 20°C/хв від 40 до 250°C, газ-носії — гелій, швидкість потоку через колонку 1 мл/хв. Об'єм інжекції — 0,2 мкл. Як внутрішній стандарт використовували ізовалеріанову кислоту. Ідентифікацію коротколанцюгових жирних кислот проводили з використанням бібліотек мас-спектрів NIST02 і стандартних розчинів коротколанцюгових жирних кислот (Sigma-Aldrich, USA).

Проведення іммобілізації мікроорганізмів. Іммобілізацію мікроорганізмів проводили в кальцій-альгінатному гелі. Для процесу іммобілізації використовували інжекторну установку, що складалась з перистальтичного насоса, інжектора та ротаметра для вимірювання витрати повітря. Заздалегідь приготовану суміш компонентів для іммобілізації з колби пропускали через установку зі швидкістю 500 мл/год, в ділянку відриву крапель подавали повітряний струмінь з компресора зі швидкістю $2 \times 10 \sim 3 \text{ м}^3/\text{хв}$. Відриваючись, краплі потрапляли в розчин хлориду кальцію, де відбувалася полімеризація альгінату натрію шляхом зшивання катіонами кальцію. Отримані гранули 30 хв витримували в розчині хлориду кальцію, після цього декантували, промивали водопровідною водою і використовували для експериментів.

Визначення глюкози за допомогою рефрактометричного методу аналізу з використанням калібрувального графіка стандартних розчинів.

Вміст глюкози, г/мл, розраховували за формулою:

$$X = \frac{n - n_0}{0,00142 \cdot 100},$$

де n — показник заломлення препарату; n_0 — показник заломлення води; 0,00142 — величина приросту показника заломлення при збільшенні концентрації глюкози на 1% (F).

Статистична обробка отриманих результатів Результати досліджень обробляли статистичними методами [27] з використанням t-критерію Стьюдента.

Підрахунки проводили за допомогою пакета програмних засобів Microsoft Excel [28].

Результати і обговорення. Технологію отримання біобутанолу умовно можна розділити на декілька етапів, а саме: робота з культурами мікроорганізмів — активаторами ацетано-бутилового бродіння, проведення процесу зброджування цими мікроорганізмами субстратів, та отримання (концентрування, очищення) готових продуктів. Технологія була впроваджена як єдине ціле на великих заводах з виробництва біобутанолу в 50—60-х роках минулого століття [29]. За таким же принципом розвивають цю галузь сучасні великі компанії [30]. Описана технологія є досить складною, адже за своєю суттю поєднує в собі два різних виробництва — біотехнологічне та бродильно-ректифікаційне. Як наслідок, виникає потреба у вузьких спеціалістах цих різних сфер, спеціалізованому обладнанні різних напрямів, дотриманні різних вимог тощо і, відповідно, в значних капіталовкладеннях для його організації. Це ускладнює популяризацію впровадження технологій, унеможливує їх широке використання, наприклад, через створення невеликих малотонажних виробництв біобутанолу.

Логічним розв'язанням цієї проблеми є раціоналізація організації виробництв, а саме: розділення біотехнологічної частини та спеціалізованої технології. За цим принципом розвиваються інші галузі, що використовують мікроорганізми, зокрема етанольне виробництво, хлібопекарська та молочна промисловість, виноробство тощо. Отже, необхідно отримати на спеціалізованих біотехнологічних підприємствах активних, вузькоспеціалізованих бактерійних концентратів у зручній для зберігання та використання формі випуску для технології так званого «прямого внесення». Отримані бактерійні концентрати мають сталі показники якості і здатні забезпечити стабільне, прогнозоване проходження основного технологічного процесу. Їх використання забезпечує значне спрощення технології зброджування різних субстратів, зробіть можливим відтворення цієї технології за допомогою нескладних технологічних установок.

Одним з надважливих завдань при створенні бактерійного концентрату, що буде використовуватись як активатор, (часто використовують термін — біокатализатори) ацетано-бутилового бродіння (КААББ), є розробка зручної форми для його зберігання й ефективного застосування. Готова форма випуску має відповідати таким критеріям: зберігати кількісно-якісний перехід клітин мікроорганізмів після їх культивування, створювати високу концентрацію мікроорганізмів при невеликому об'ємі, зберігати основні специфічні властивості мікроорганізмів або навіть покращувати їх, забезпечувати максимально тривале збереження мікроорганізмів концентрату в активному стані, легкість і технологічність подальшого використання бактеріального концентрату як біологічного активатора процесу зброджування.

Саме цим критеріям відповідають готові препаративні форми, в основі яких лежить явище іммобілізації клітин мікроорганізмів. Відомо, що іммобілізовані клітини мають ряд переваг перед інтактними. Процеси ферментації

субстратів з вільними клітинами наштовхуються на ряд технологічних проблем (мала питома концентрація клітин, обмеження в споживанні поживних речовин, проведення культивувань у періодичному режимі з пролонгованим у часі низхідним потоком, обмеження швидкості розведення при безперервній ферментації внаслідок вимивання) [31]. Процес іммобілізації нівелює більшість обмежень характерних для системи вільних клітин [32].

Іммобілізація клітин мікроорганізмів дає змогу проводити з ними складні багатостадійні процеси, сприяє кращій захищеності клітин від впливу негативних факторів, створити та втримати протягом технологічного процесу високу концентрацію мікроорганізмів [26]. Крім того, іммобілізовані мікроорганізми в багатьох випадках менш чутливі до токсичних субстратів [33]. На основі іммобілізованих клітин також є можливість розробляти ефективні біотехнологічні процеси багатократною періодичною та безперервною дією з використанням взаємодії рухомої й нерухомої фаз. Основними методами іммобілізації живих клітин мікроорганізмів є абсорбція на крупнопористому носії, ковалентне зв'язування, адсорбція, поперечна шивка, включення в структуру гелю. Метод включення в структуру гелю іноді ще має назву уловлювання пористою мембраною. Прикладами іммобілізації клітин шляхом їх уловлювання в мембрани є використання карагану, хітозану, альгінату кальцію [34]. Відомо про досить високу продуктивність отримання розчинників з використанням іммобілізованих в кальцій-альгінаті клітин ацетоно-бутилових бактерій — $4,02 \text{ г л}^{-1}/\text{год}^{-1}$. Хоча таку ж продуктивність вдалось отримати і при використанні для іммобілізації методу адсорбції на твердих носіях [35]. Метод іммобілізації в гелі має декілька переваг: первинна стабільність процесу, коли іммобілізовані клітини краще захищені від змін під час ферментації субстрату (зміни температури, джерела вуглецю, рН, їх різкої зміни тощо), а також додатковий захист клітин від механічного впливу на них. Завдяки цим та багатьом іншим перевагам при використанні таким чином іммобілізованих клітин ацетоно-бутилових бактерій є можливість проведення бутилового зброджування при відносно високих швидкостях розведення субстрату [11; 13]. Для використання в процесі ацетоно-бутилового бродіння максимально підходить метод іммобілізації мікроорганізмів — включенням їх решітку в кальцій-альгінатного гелю, завдяки якому можна отримувати препаративну форму, яка відповідає вказаним критеріям.

Для визначення можливості використання кальцій-альгінатного гелю при отриманні стійкої, зручної препаративної форми біокатализатора АББ проведено ряд досліджень. Зокрема, визначено біодеградацію альгінату кальцію штамами мікроорганізмів, що входять до складу біокатализатора АББ *S. Tyrobutyricum* ІМВ В-7701, *S. beijerinckii* ІМВ В-7806, *S. acetobutylicum* ІМВ В-7807. Отримані дані порівняння біодеградації альгінатного гелю штамами АББ з стандартним агаризованим середовищем, які проводились протягом 24 год, відображено в табл. 2.

Як видно з отриманих даних, штами, що входять до КААББ, не проводять деградацію альгінату кальцію. Зокрема, час, необхідний до появи колоній від посіву до досягнення першими колоніями діаметра 1 мм при використанні як

загущувача альгінату кальцію, був таким же, як і в контролі з використанням агаризованого середовища. Для бактерії *Clostridium beijerinckii* IMB B-7806 досягнення колоніями розміру 1 мм на альгінатному середовищі проходило швидше, ніж у контролі з агаром. Радіальні швидкості росту колоній досліджуваних штамів були майже такими ж, як і в контролі. Для штаму *C. tyrobutyricum* IMB B-7701 радіальна швидкість росту дещо перевищувала таку ж у контролі. Також у всіх зразках за час дослідження не спостерігалось розрідження твердого середовища та проростання колоній у його товщу. Тобто можна стверджувати, що альгінат натрію не чинить токсичної дії на штами бактерій, що досліджувались.

Таблиця 2. Деструкція кальцій-альгінатного гелю клостридіями

Штами	Час до появи колоній (d — 1мм)		Радіальна швидкість росту колоній (від 1мм)		Проростання в товщу твердого середовища		Розрідження твердого середовища	
	год		(d) мм/год		+/-		+/-	
	Агар	Кальцій-альгінат	Агар	Кальцій-альгінат	Агар	Кальцій-альгінат	Агар	Кальцій-альгінат
<i>Clostridium beijerinckii</i> IMB B-7806	10	9	0,3	0,3	—	—	—	—
<i>Clostridium tyrobutyricum</i> IMB B-7701	8	8	0,3	0,4	—	—	—	—
<i>Clostridium acetobutylicum</i> IMB B-7807	11	10	0,15	0,15	—	—	—	—

Полімерна структура альгінату кальцію здатна вільно проводити поживні речовини. Бактерії КААББ не мають специфічної ферментативної активності до кальцій-альгінатного гелю і не проводять його деградацію. Використання кальцій-альгінатного гелю як іммобілізатора та основи препаративної форми для КААББ є доцільним і технічно можливим. Найефективнішою препаративною формою іммобілізованих у структуру альгінатного гелю мікроорганізмів КААББ є гранули. Така форма є зручною для отримання, зберігання й ефективного використання КААББ. Гранули отримуються шляхом гомогенізації суспензії мікроорганізмів з розчином альгінату натрію з подальшим її крапельним внесенням у розчин осаджувача, що містить іони кальцію. При розробці технологічних режимів іммобілізації необхідною умовою є отримання гранул саме сферичної форми та відповідної концентрації гелю. Базовим моментом при цьому є підбір співвідношення концентрацій носія й осаджувача. Для цього необхідно отримати робочий розчин носія альгінату натрію з в'язкістю, що забезпечує вільну текучість розчину та його прокапування. Також технологічно-необхідним є отримання сферичних гранул з густиною більшою за розчини осаджувача. Також перевірено різні співвідношення концентрацій розчинів альгінату натрію (носія) та хлориду кальцію(осаджувача). Основними критеріями було отримання гранул сферичної форми, негативної

плавучості та таких, що забезпечували активний транспорт поживних речовин і метаболітів всередину та назовні мембрани. Об'ємні співвідношення альгінат натрію/хлорид кальцію були сталими для всіх зразків та становили $\frac{1}{4}$. За критерій транспорту активних речовин вважали різницю часу початку бродіння зразків, засіяних дослідними гранульованими зразками, до часу початку бродіння контрольних зразків, інокульованих еквівалентними, за кількістю, вільними клітинами мікроорганізмів КААББ. Дані цих досліджень відображені в табл. 3.

При підборі оптимальних для гранулювання концентрацій носія і осаджувача виявили, що при концентрації носія нижче за 20 г/л та одночасному використанні осаджувача в співвідношенні концентрацій $\frac{1}{2}$ (при сталому об'ємному співвідношенні $\frac{1}{4}$) мали показники часу початку бродіння, що не відрізнялися від таких при використанні інтактних клітин. Показники ΔT початку бродіння (імобілізований зразок КААББ-/вільні клітини КААББ) дорівнюють 0. З цього можна зробити висновок, що при концентраціях носія до 20 г/л активний транспорт поживних речовин в гранулу та з неї є таким, як і при використанні вільних клітин. Разом з тим дані зразки не мали сферичної форми та мали позитивну плавучість, що є негативним фактором для ефективного використання отриманих таким чином гранул у технології зброджування субстратів і для анаеробних мікроорганізмів КААББ зокрема. І навпаки, при концентраціях носія, що перевищували показники 30 г/л, гранули мали сферичну форму та негативну плавучість.

Таблиця 3. Вплив різних концентрацій носія та осаджувача на якість гранульованої препаративної форми КААББ

№	Співвідношення концентрацій альгінат натрію/хлорид кальцію, г/л	Сферична форма гранул, так/ні	Плавучість гранул, +/-	ΔT початку бродіння (імобілізований зразок КААББ / вільні клітини КААББ), год
1	10:2	ні	-	0
2	10:5	ні	+	0
3	20:5	так	-	+0,5
4	20:10	так	+	+0,5
5	30:6	так	-	+1
6	30:15	так	-	+1
7	40:10	так	-	+2
8	40:20	так	-	+2

При їх використанні для зброджування субстратів час початку бродіння затримувався відносно вільних клітин на 1 год при 30 г/л та на 2 год при 40 г/л альгінату. Також при таких концентраціях альгінату проявлялось ускладнення процесу текучості гелю, що є негативним фактором у процесі отримання однорідних гомогенних гранул. Оптимальним співвідношенням носій/осаджувач виявилась концентрація носія альгінату натрію 20 г/л та концентрація осаджувача 5 г/л при співвідношенні їх об'ємів $\frac{1}{4}$. При такому співвідношенні форма гранул була оптимально сферичною, плавучість негативною, а час бродіння майже не відрізнявся від такого для інтактних клітин.

Також було проведено дослідження іммобілізації мікроорганізмів КААББ як ефективної технологічної стадії процесу концентрування біомаси з культуральної рідини. Базовим для можливості застосування такого технологічного прийому був принцип утворення гранул. Тобто відомо, що при утворенні гелю, який одержують методом додавання до культуральної рідини альгінату натрію, та достатній його гомогенізації утворюється стабільна гомогенна суспензійна система. В ній усі нерозчинені часточки (в тому числі і клітини та спори мікроорганізмів) знаходяться в гомогенному стані за рахунок зниження процесів седиментації в гелевій системі відносно рідинної (культуральної рідини). При дозуванні даної системи в розчин хлориду кальцію навкруги краплини гелю утворюється плівка кальцій-альгінатного полімеру. Вона є напівпроникною мембраною, через яку завдяки градієнту концентрації іонів, вода з середини гранули виходить назовні. Всі нерозчинні частинки суспензії концентруються в середині гранули. Було проведено дослідження з концентрування монокультур мікроорганізмів КААББ. Виявлено, що на стадії отримання «вологих» гранул досягався ефект концентрування біомаси в 7—9 р. При перевірці титру КУО (колонієутворювальних одиниць) до процесу гранулювання та титру КУО в гранулах було виявлено, що втрати титру не перевищували 12%. Вологі гранули піддавали висушуванню конвективною сушкою при температурі 45°C упродовж 2 год. Отримували «сухі» гранули КААББ. При перевірці титру КУО, при їх висушуванні, було виявлено, що втрати титру на цій стадії не перевищували 10%. Тобто загальні втрати КУО від культуральної рідини до отримання сухого гранульованого препарату КААББ становлять 20—22%. Визначено, що отримані сухі альгінатні гранули можуть зберігатись при кімнатній температурі 16 місяців без втрати бродильної активності. Втрата титру КУО за цей строк не перевищує 15%.

Для стандартизації процесу необхідно було перевірити ефективність використання окремої фракції альгінатних гранул. Цей показник визначали за здатністю «сухих» гранул КААББ різного розміру утворювати максимальну кількість розчинників (рис. 2).

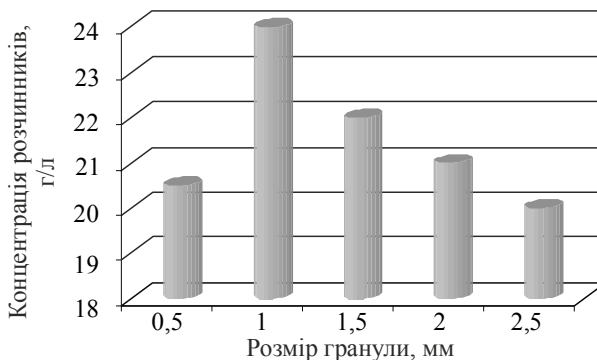


Рис. 2. Ефект розміру альгінатної гранули на клітинну активність щодо синтезу розчинників

Встановлено, що при діаметрі гранули 1 мм відбувається найбільше накопичення розчинників (ацетон, етанол, бутанол) — 24,0 г/л. Найменш ефектив-

ним було використання КААББ розміром 0,5 та 2,5 мм, у яких визначали кількість розчинників лише 20,5 та 19,7 г/л.

Також було досліджено здатність до накопичення бутанолу асоціацією мікроорганізмів, до якої входили три найбільш активні штами, надалі вільні клітини та КААББ (сухі гранули) — іммобілізовані клітини на синтетичному середовищі з початковою концентрацією глюкози 50,0 г/л (рис. 3).

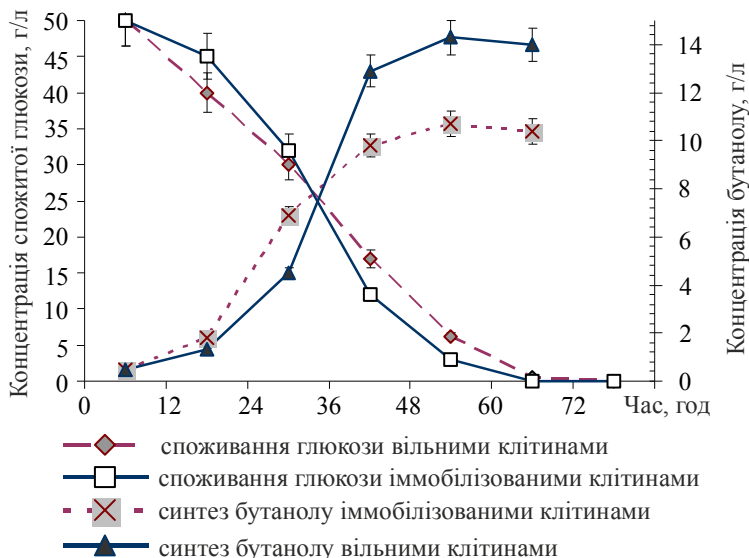


Рис. 3. Синтез бутанолу та споживання глюкози іммобілізованими в «решітку» кальцій-альгінатного полімеру та вільними клітинами (КААББ)

Встановлено, що гранульовані КААББ були здатні до синтезу бутанолу — 14,2 г/л, тоді як вільні клітини лише 10,5 г/л. Необхідно відзначити, що споживання глюкози у КААББ було швидше, і вже на 60 год росту цей субстрат було спожито повністю. Цей же показник для вільних клітин на цю годину досліджу був вищим. Підтверджено доцільність використання КААББ для отримання бутанолу. Це пояснюється більш високою концентрацією клітин та їх додатковим захистом від лімітуючих факторів, зокрема токсичного впливу бутанолу.

Висновки

Отже, оптимальна концентрація альгінату натрію для гелеутворення та подальшої іммобілізації мікроорганізмів становить 20 г/л, а концентрація солей кальцію як «зшиваючого» агента має бути не нижча за 5 г/л. Оптимальний розмір вологих гранул як ефективної форми випуску активатора бродіння має становити 1,5—2 мм. Час для процесу полімеризації гранул, іммобілізованих у полімерну решітку АББ із середнім діаметром 1,5—2 мм, має бути не меншим 1—1,5 год. При проведенні технологічного процесу отримання сухого гранульованого препарату КААББ втрати КУО становлять близько 20—25%, що є позитивним показником та корелює з таким при використанні ліофільного

висушування. Зберігання альгінатних гранул при температурі 20°C без втрати їх активності може бути не меншим за 16 місяців.

При зброджуванні традиційних субстратів методом роздільного, дробного внесення активатора бродіння у вигляді іммобілізованого в решітку альгінатного гелю КААББ, якщо порівняти з використанням вільних клітин, було досягнуто збільшення біосинтезу бутанолу на 26%, що становило 14,2 г/л біобутанолу за 42 год.

Дослідження проводились у рамках проекту цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України «Розробка наукових основ ефективних біотехнологій отримання рідких біопалив з органічних відходів із використанням наноматеріалів» (№ 0115U004278).

Література

1. Gottumukkala D.L., Haigh K., Gorgens J. Trends and advances in conversion of lignocellulosic biomass to biobutanol: Microbes, bioprocesses and industrial viability. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017, 76: 963—973. doi: 10.1016/j.rser.2017.03.030.
2. Green E.M. Fermentative production of butanol — the industrial perspective. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2011, 22 (3): 337—343. doi: 10.1016/j.copbio.2011.02.004.
3. Zhu C., Chen L., Xue C., Bai F. A novel close-circulating vapour stripping-vapor permeation technique for boosting biobutanol production and recovery. *Biotechnol. Biofuels.* 2018, 11. doi: 10.1186/s13068-018-1129-5.
4. Jiang L., Wang J., Liang S., Wang X., Cen P., Xu Z. Butyric acid fermentation in a fibrous bed bioreactor with immobilized *Clostridium tyrobutyricum* from cane molasses. *Bioresour Technol.* 2009, 100 (13): 3403—3409. doi: 10.1016/j.biortech.2009.02.032.
5. Zhou W., Liu J., Fan S., Xiao Z., Qiu B., Wang Y., Li J., Liu Y. Biofilm immobilization of *Clostridium acetobutylicum* on particulate carriers for acetone-butanol-ethanol (ABE) production. *Bioresour Technol. Report.* 2018, 3: 211—217. doi: 10.1016/j.biteb.2018.08.008.
6. Vichuvivwat R., Boonsombuti A., Luengnarumitchai A., Wongkasemjit S. Enhanced butanol production by immobilized *Clostridium beijerinckii* TISTR 1461 using zeolite 13X as a carrier. *Bioresour Technol.* 2014, 172: 76—82. doi: 10.1016/j.biortech.2014.09.008.
7. Yen H.-W., Li R.-J., Ma T.-W. The development process for a continuous acetone-butanol-ethanol (ABE) fermentation by immobilized *Clostridium acetobutylicum*. *J. Taiwan. Inst. Chem. E.* 2011, 42 (6): 902—907. doi:10.1016/j.jtice.2011.05.006
8. Qureshi N., Schripsema J., Leinhardt J., Blaschek H.P.. Continuous solvent production by *Clostridium beijerinckii* BA101 immobilized by adsorption onto brick. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2000, 16: 377—382. doi: 10.1023/A:1008984509404.
9. Gallazzi A., Branska B., Marinelli F., Patakova P. Continuous production of n-butanol by *Clostridium pasteurianum* DSM 525 using suspended and surface-immobilized cells. *J Biotechnol.* 2015, 216: 29—35. doi: 10.1016/j.jbiotec.2015.10.008.
10. Loyarkat S., Cheirsilp B., Prasertsan P. Two-stage repeated-batch fermentation of immobilized *Clostridium beijerinckii* on oil palm fronds for solvents production. *Process Biochem.* 2015, 50: 1167—1176. doi:10.1016/j.procbio.2015.04.016.
11. Survase S.A., van Heiningen A., Granstrom T. Continuous bio-catalytic conversion of sugar mixture to acetone-butanol-ethanol by immobilized *Clostridium acetobutylicum* DSM 792. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2012, 93 (6): 2309—2316. doi: 10.1007/s00253-011-3761-x.
12. Shamsudin S., Kalil M.S.H., Yusoff W.M.W. Production of acetone, butanol and ethanol (ABE) by *Clostridium saccharoperbutylacetonium* N1-4 with different immobilization systems. *Pak. J. Biol. Sci.* 2006, 9 (10): 1923-1928. doi: 10.3923/pjbs.2006.1923.1928
13. Huang W.C., Ramey D.E., Yang S.T. Continuous production of butanol by *Clostridium acetobutylicum* immobilized in a fibrous bed bioreactor. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2004, 113: 887—898.

14. Lee S.M., Cho M.O., Park C.H., Chung Y., Kim J.H., Sang B., Um Y. Continuous butanol production using suspended and immobilized *Clostridium beijerinckii* NCIMB 8052 with supplementary butyrate. *Energy Fuels*. 2008, 22 (5): 3459-3464. doi: 10.1021/ef800076j.
15. Borner R.A., Aliaga M.T., Mattiasson B. Microcultivation of anaerobic bacteria single cells entrapped in alginate microbeads. *Biotechnol. Lett.* 2013, 35 (3): 397—405. doi: 10.1007/s10529-012-1094-1.
16. Jiang L., Wang J., Liang S., Wang X., Cen P., Xu Z. Butyric acid fermentation in a fibrous bed bioreactor with immobilized *Clostridium tyrobutyricum* from cane molasses. *Bioresour. Technol.* 2009, 100 (13): 3403—3409. doi: 10.1016/j.biortech.2009.02.032.
17. Liu J., Liu Z., Guo T. Repeated-batch fermentation by immobilization of *Clostridium beijerinckii* NCIMB 8052 in a fibrous bed bioreactor for ABE (acetone-butanol-ethanol) production. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 2018, 10 (1). doi: 10.1063/1.5007133.
18. Пирог Т.П., Ігнатова О.А. Загальна біотехнологія. К.: НУХТ. 2009, 336 с.
19. TGUNOVA O.A., SHULGA S.M., BLUME Y.B. Biobutanol as an alternative type of fuel. *Cytol. Genet.* 2013, 47 (6): 366—382. doi: 10.3103/S0095452713060042.
20. Mollah A.H., Stuckey D.C. Stuckey maximizing the production of acetone-butanol in an alginate bead fluidized bed reactor using *Clostridium acetobutylicum*. *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 1993, 56: 83—88. doi: 10.1002/jctb.280560115.
21. Скроцький С.О. Органовмісні відходи виробництва як субстрати для біосинтезу бутанолу бактеріями роду *Clostridium*. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2018, 24(2): 34—43. doi: 10.24263/2225-2924-2018-24-2-6.
22. Скроцький С.О., Хоменко Л.А., Войчук С.І., Підгорський В.С. Особливості росту та біосинтетична активність солвентогенних бактерій роду *Clostridium*. *Mikrobiol. Z.* 2018, 80 (2): 3—13. doi: 10.15407/microbiolj80.02.003.
23. Varfolomeev S.D., Gurevich K.G. Biokinetics: a practical course. Moscow: FAIR-PRESS, 1999, 720 p.
24. Нахманович Б.М. О возможности частичной замены пищевого сырья в ацетоно-бутиловом производстве. *Спиртовая промышленность*. 1957, 4.
25. Нахманович Б.М. Вопросы пищевой и бродительной микробиологии. К.: изд. АН УССР, 1958.
26. Фомичев В.Т., Доскина Э.П., Воронович Н.В. и др. Интенсификация биологической очистки в аэротенках. *Поволжский экологический вестник*. 2001, 8: 88—92.
27. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 198. 293 с.
28. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с применением «Excel». К.: Морион. 2000. 320 с.
29. Степаненко П. Из истории биобутанола. *The Chemical Journal*. 2008. 9: 30—33.
30. Lee S.Y., Park J.H., Jang S.H., Nielsen L.K., Kim J., Jung K.S. Fermentative butanol production by *Clostridia*. *Biotechnology and Bioengineering*. 2008. 101 (2): 209—228. doi: 10.1002/bit.22003.
31. Ramakrishna S.V., Prakasham R.S. Microbial fermentations with immobilized cells. *Curr. Sci.* 1999 77: 87—100.
32. de Vasconcelos J.N., Lopes C.E., de Franca F.P. Continuous ethanol production using yeast immobilized on sugar-cane stalks. *Braz. J. Chem. Eng.* 2004, 21: 357—365. doi: 10.1590/s0104-66322004000300002.
33. Пирог Т.П., Шевчук Т.А., Волошина И.Н., Грегирчак Н.Н. Использование иммобилизованных на керамзите клеток нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки воды от нефти. *Прикл. биохимия и микробиология*. 2005, 41(1): 58—63.
34. Frick Ch., Schugerl, K. Continuous acetone-butanol production with free and immobilized *Clostridium acetobutylicum*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1986. 25: 186—193. doi: 10.1007/bf00253646.
35. Qureshi N., Maddox I.S. Reduction in butanol inhibition by perstraction: utilization of concentrated lactose/whey permeate by *Clostridium acetobutylicum* to enhance butanol fermentation economics. *Food and Bioproducts Processing*. 2005, 83 (1): 43—52.

NANO-SIO₂ APPLICATION IN THE MANUFACTURING TECHNOLOGY OF ELASTIC SKINS

A. Danylkovych, S. Bilinskii

Kyiv National University of Technologies and Design

Key words:

*Nano-silica A-300
Chrome semi-finished
product
Filling-add-duplicating
Chromium gelatin
Laser granulometry
IR spectroscopy*

Article history:

Received 12.03.2019
Received in revised form
28.03.2019
Accepted 15.04.2019

Corresponding author:

A. Danylkovych
E-mail:
ag101@ukr.net

ABSTRACT

The influence of ionized nano-SiO₂ content in the filling composition on the physico-chemical and technological properties of elastic skin was investigated. In this work, a semi-finished product of chrome tanning made of 1.7 mm thick beef, nano-SiO₂ A-300, acrylic dispersion of RetanalRCN-40, a TrupolDL greasing material, P-11 gelatin, TrupotanG dispersant, quebracho extract and alumina galoon were used. In this case, methods of laser granulometry, infrared spectroscopy and a complex of physico-chemical research were applied.

The inadequate influence of the concentration of modified nano-SiO₂ on the physical and chemical properties of leather semi-finished products has been established. In this case, an increase in relative elongation at a stress of 10 MPa and a decrease in the stiffness of the skin compared to the skin produced by the current technology were achieved. The study of the colloid-chemical properties of the filling dispersion in the interaction of nano-silica with auxiliary reagents shows a decrease in the particle size with an increase in polydispersity, respectively, by 2.0—2.7 and 1.5—1.9 times, a negative ζ -potential by 5.0—5.9 times, indicating the dispersant effect of the TrupolDL greasing material and the acrylic dispersion of RetanalRCN-40 on the nanosilver-containing composition.

The analysis of the IR spectra of the products of the interaction of nano-SiO₂ with chrome gelatin, as a semi-finished product, according to the spread of the Amid A band and the long-wave shift of the Amid 1 and Amid 2 bands, may indicate the interaction of pre-ionized nano-SiO₂ with the collagen core groups. It was established that nano-SiO₂ in the range of 1—2% of the mass of the half-finished product when it is filled gives the opportunity to get a skin of increased volume output and porosity and reduced rigidity compared to the skin obtained by the current technology, respectively 13—14 and 24—33%.

The results of the conducted research indicate the possibility of effective use of nanoclay in the composition of the filling composition as an environmentally friendly and import-replacement reagent in the development of technologies for the production of elastic skins.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-7

ЗАСТОСУВАННЯ НАНО-SiO₂ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЕЛАСТИЧНИХ ШКІР

А. Данилкович, С. Білінський

Київський національний університет технологій та дизайну

У статті досліджено вплив вмісту йонізованого нано-SiO₂ в наповнювальній композиції на фізико-хімічні й технологічні властивості еластичної шкіри. Використано напівфабрикат хромового дублення з яловиці важкої товщиною 1,7 мм, нано-SiO₂ А-300, акрилову дисперсію Retanal RCN-40, жирувальний матеріал Trupol DL, желатин марки П-11, диспергатор Тгиротан G, екстракт квебрахо і алюмокалієвий галун. При цьому застосовано методи лазерної гранулометрії, ІЧ-спектроскопії та комплекс фізико-хімічних досліджень.

Встановлено неадекватний вплив концентрації модифікованого нано-SiO₂ на фізико-хімічні властивості шкіряного напівфабрикату. При цьому досягається збільшення відносного видовження при напруженні 10 МПа і зменшення жорсткості шкіри порівняно зі шкірою виробленою за діючою технологією. Дослідженням колоїдно-хімічних властивостей наповнювальної дисперсії при взаємодії нанокремнезему з допоміжними реагентами показано зменшення розміру частинок при збільшенні полідисперсності відповідно в 2,0—2,7 і 1,5—1,9 рази, від'ємного ζ -потенціалу в 5,0—5,9 рази, що свідчить про диспергуючий вплив жирувального матеріалу Trupol DL і акрилової дисперсії Retanal RCN-40 на нанокремнеземвмісну композицію.

Аналіз ІЧ-спектрів продуктів взаємодії нано-SiO₂ з хромованим желатином, як моделі напівфабрикату, згідно з поширенням смуги Амід А і довгохвильовим зсувом смуг Амід 1 і Амід 2 може свідчити про взаємодію попередньо йонізованого нано-SiO₂ з групами основного характеру колагену. Встановлено, що витрати нано-SiO₂ в межах 1—2% маси напівфабрикату при його наповнюванні дають можливість отримати шкіру підвищеного об'ємного виходу і пористості та зниженою жорсткістю порівняно зі шкірами, отриманими за діючою технологією відповідно на 13—14 і 24—33%.

Результати проведеного дослідження свідчать про можливість ефективного використання нанокремнезему в складі наповнювальної композиції як екологічно безпечного та імпортозамінного реагенту при розробленні технологій виготовлення еластичних шкір.

Ключові слова: нанокремнезем А-300, хромований напівфабрикат, наповнювання-додублювання, хромований желатин, лазерна гранулометрія, ІЧ-спектроскопія.

Постановка проблеми. Удосконалення і розроблення технологій шкіряного виробництва передбачає використання широкого асортименту хімічних реагентів і матеріалів природного та синтетичного походження. У цьому відношенні перспективними можна вважати такі високодисперсні матеріали, як алюмосилікати, монтморилоніт, аеросил [1; 2] та інші, які можуть ефективно використовуватись на різних стадіях технологічного процесу.

У технологічному циклі процесів і операцій формування шкіряного напівфабрикату особливе значення мають процеси наповнювання-додублювання, оскільки структурні перетворення безпосередньо пов'язані з дифузією частинок реагентів робочих розчинів у структуру напівфабрикату та взаємодією їх з колагеном дерми. Наукове обґрунтування цих процесів і витрат хімічних реагентів забезпечує ефективний вихід матеріалу та раціональне використання білкової сировини. Разом з тим досягається стабілізація структури напівфабрикату, необхідна для формування високоякісного еластичного матеріалу.

Аналіз літературних джерел інформації свідчить про можливість використання сполук кремнію в процесі дублення шкіряного напівфабрикату. Так, у [3], в результаті дослідження впливу гліцидоксипропілтриметокси-сілану та сумісно з епоксиполідиметилсілоксановим олігомером і 1,5% сполуками хрому основністю 33% на структурні властивості козлини встановлено, що зі збільшенням витрат сполук органосілконоу підвищується пористість шкіряного напівфабрикату та його гідротермічна стійкість. Додаткове застосування сполук хрому з органосілконом сприяє підвищенню цих показників. Автори прогнозують можливість використання органосілконових сполук для технології дублення шкіряного напівфабрикату без сполук хрому. Також у [4] встановлено, що передубильні оброблення напівфабрикату полідиметилсілоксаном зменшує розмір пор, але підвищує його пористість, повітря- і паропроникність. Встановлено підвищення гідротермічної стійкості шкіри при обробленні напівфабрикату тетраетоксисіланом [5].

Використання при комбінованому дубленні таніну, сульфату алюмінію, метасилікату натрію [6] дає змогу отримати якісні шкіри із сировини овець з гідротермічною стійкістю 95°C. Використання продукту взаємодії метасилікату натрію з сірчаною кислотою при безхромовому альдегід-алюмо-хромовому забезпечило отримання напівфабрикату з температурою зварювання 90°C. При альдегід-кремній-танідно-алюмінієвому дубленні отримано напівфабрикат з температурою зварювання 120°C. Це дало підстави для рекомендації цієї технології для виготовлення протезних шкір, які відповідають експлуатаційним властивостям такого виду продукції.

Отже, при розробленні нових технологій виготовлення шкіряних матеріалів може використовуватись широкий асортимент сполук кремнію в суміші з реагентами різного хімічного складу. У цьому відношенні досить перспективним може бути використання нано-SiO₂ в процесах наповнювання-додублювання, враховуючи гідроксильовану поверхню частинок високодисперсного кремнезему і можливість її модифікації різноманітними способами залежно від технологічного використання.

Мета дослідження: дослідження фізико-хімічних властивостей інгредієнтів наповнювально-додублювальної композиції та її використання в технології виготовлення еластичної шкіри. При цьому завдання дослідження такі:

- визначення розміру частинок інгредієнтів композиції методом лазерної спектроскопії;
- ІЧ-спектроскопічні дослідження взаємодії інгредієнтів композиції з хромованим желатином;
- встановлення впливу нано-SiO₂ на фізико-хімічні і технологічні властивості шкіряного напівфабрикату.

Матеріали і методи. Для дослідження взаємодії нано-SiO₂ і акрилової дисперсії з колагеном дерми використано:

- аеросил А-300 (ТУ U 24.1-31695418-002:2008) з вмістом 99,8 мас. % оксиду кремнію (IV), розміром первинних частинок 4—50 нм та питомою поверхнею 300 м²/г [7]. Реагент виробляється Калузьким хіміко-металургійним комбінатом за ліцензією фірми Degussa (Німеччина) в м. Калуш Івано-Франківської області (Україна);

- акрилову дисперсію аніонного характеру Retanal RCN-40 з рН 6,8, сухим залишком 39,8% і в'язкістю 12·10³ сПз виробництва хімічної компанії «Cromogenia-Units, S.A.» (Іспанія);

- жирувальний матеріал Tgrpol DL як суміш сульфатованих і сульфітованих синтетичних та натуральних жирів аніонного типу з вмістом активної речовини 70%, рН 10% емульсії 7,5 виробництва фірми Trumpler (Німеччина);

- хромований желатин марки П-11 (ДСТУ 3938-99) як модель колагену дерми шкіряного напівфабрикату, структурований комплексними сполуками хрому з витратою 1,5% оксиду хрому (III) від маси сухого желатину.

Для дослідження впливу нано-SiO₂ на фізико-хімічні властивості шкіряного напівфабрикату та його застосування в технології наповнювання-додублювання додатково використано:

- хромований напівфабрикат, отриманий за промисловою технологією виробництва шкір для верху взуття ПрАТ «Чинбар» із сировини мокросоленого консервування, зокрема шкур яловиці важкої після віджимання до вологості 60% та стругання на товщину 1,7 мм. При цьому напівфабрикат використовували у вигляді симетричних смуг розміром 10 · 75 см;

- диспергатор танідів Tgrotan G – препарат на основі фенольних сполук фірми Trumpler (Німеччина);

- конденсовані таніди екстракту квебрахо [8] з вмістом активної речовини 80,5% та доброякісністю 89,3% (Китай);

- як фіксуєчий агент алюмокалієвий галун KAl(SO₄)₂·12H₂O, постачальник компанія «Allbiz» (Україна).

Для характеристики хімічних реагентів та їх взаємодії з колагеном дерми використано метод лазерної кореляційної спектроскопії на спектрометрі ZetaSiser-3 фірми Malvern Instrument (США) [9] та ІЧ-спектроскопії з використанням спектрометра Infinity Is компанії Shimadzu (Японія).

Фізико-хімічні дослідження отриманих зразків проводили за методиками [10] після їх кондиціонування. Зокрема, фізико-механічні випробування виконували на розривній машині моделі РТ-250М (РФ) за швидкості деформування зразків 0,09 м·хв⁻¹. Для визначення жорсткості шкіри використаний прилад ПЖУ-12М (РФ).

Результати і обговорення. *Особливості взаємодії між інгредієнтами композиції і хромованим колагеном дерми.* Для виявлення особливостей взаємодії між інгредієнтами композиції різного хімічного складу досліджено розмір частинок, полідисперсність і ζ-потенціал в однокомпонентних і двокомпонентних системах (табл. 1). З наведених даних видно, що при підвищенні рН середовища з 4,7 до 7,1 розмір частинок А-300 та їх полідисперсність суттєво зменшуються. При цьому від'ємний ζ-потенціал збільшується в

6,2 раза. За рН, що відповідає процесу наповнювання напівфабрикату за наявності акрилової дисперсії Retanal RCN-40 дослідженої композиції, розмір частинок зменшується, а полідисперсність зростає. Одержані дані свідчать про диспергуючий вплив акрилової дисперсії на розмір мінерального наповнювача. При взаємодії А-300 з жирувальним матеріалом Trupol DL розмір частинок зменшується в більшій мірі при дещо вищій їх полідисперсності.

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості технологічних реагентів

Дисперсія	рН середовища	Середній гідродинамічний діаметр, нм	Коефіцієнт полідисперсності,	ζ-потенціал, мВ
Нанокремнезем А-300	4,7	239	0,259	-7,1
	6,0	168	0,187	-31,7
	7,5	143	0,167	-43,8
Retanal RCN-40	6,5	82,7	0,211	-39,2
Trupol DL	7,2	9,5	0,299	-49,0
А-300/Retanal RCN-40	6,0	117,0	0,401	-35,2
А-300/Trupol DL	6,3	90,0	0,498	-42,2

Отже, на початковій стадії наповнювання-додублювання напівфабрикату хромового дублення в результаті взаємодії нано-SiO₂ з допоміжними інгредієнтами композиції відбувається зменшення розміру частинок аеросилу А-300 та можливе підвищення їх хімічної активності.

Для дослідження взаємодії інгредієнтів наповнювальної композиції з хромованим колагеном дерми проведено аналіз ІЧ-спектрів систем хромованого желатину з аеросилом А-300 і акриловою дисперсією Retanal RCN-40. В ІЧ-спектрі А-300 спостерігається сильна смуга поглинання (с. п.) при 1056 см⁻¹ як валентні коливання силоксанових груп Si-O-Si. Хвильові числа при вузькій с. п. 801 см⁻¹ і широкій с.п. 3400 см⁻¹ відповідають валентним, а с. п. 1636 см⁻¹ деформаційним коливанням груп SiO⁻ [11].

При взаємодії хромованого желатину з наночастинками попередньо йонізованого нанокремнезему А-300 спостерігається поширення смуги Амід 1 (рис. 1а) і довгохвильовий зсув смуг Амід 1 та Амід 2 відповідно з 1625 см⁻¹ 1632 см⁻¹ та з 1521 см⁻¹ до 1530 см⁻¹, зсув максимуму інтенсивної с. п. з 1056 до 1068 см⁻¹, що відповідає валентним коливанням груп атомів Si-O-Si та Si-O⁻. Це свідчить про взаємодію сіланольних груп аеросилу з групами основного характеру хромованого желатину, насамперед з аміногрупами білка.

В ІЧ-спектрі акрилової дисперсії Retanal RCN-40 проявляється досить сильна с. п. 1032 см⁻¹ і с. п. 1170 см⁻¹, що зумовлені асиметричними і симетричними коливаннями зв'язку С-О-С. Для карбоксильної групи характерні с. п. 1612 зв'язку С=О і 1250 см⁻¹, що відповідають валентним і деформаційним коливанням, а для групи ОН характерна с. п. 3248 см⁻¹.

Взаємодія хромованого желатину з акриловою дисперсією (рис. 1б) визначається наявністю в реагенті груп С-О-С, карбонільних та -ОН груп, які вступають у реакцію з амінними білковими групами і незв'язаними комплексами хрому (III), що відображають взаємодію акрилової емульсії та желатину.

Взаємодія функціональних груп желатину з А-300 і акриловою дисперсією відображається відповідними змінами в ІЧ спектрі (рис. 1г). Зокрема, зсувом і розширенням с. п. Амід А та Амід Б з 3285 cm^{-1} і 3120 cm^{-1} до 3276 cm^{-1} і 3076 cm^{-1} . Отже, результати ІЧ-спектроскопічного дослідження взаємодії нанокремнезему А-300, акрилової дисперсії Retanal RCN-40 з хромованим желатином указує на утворення в системі донорно-акцепторних, водневих різної сили та йонних зв'язків.

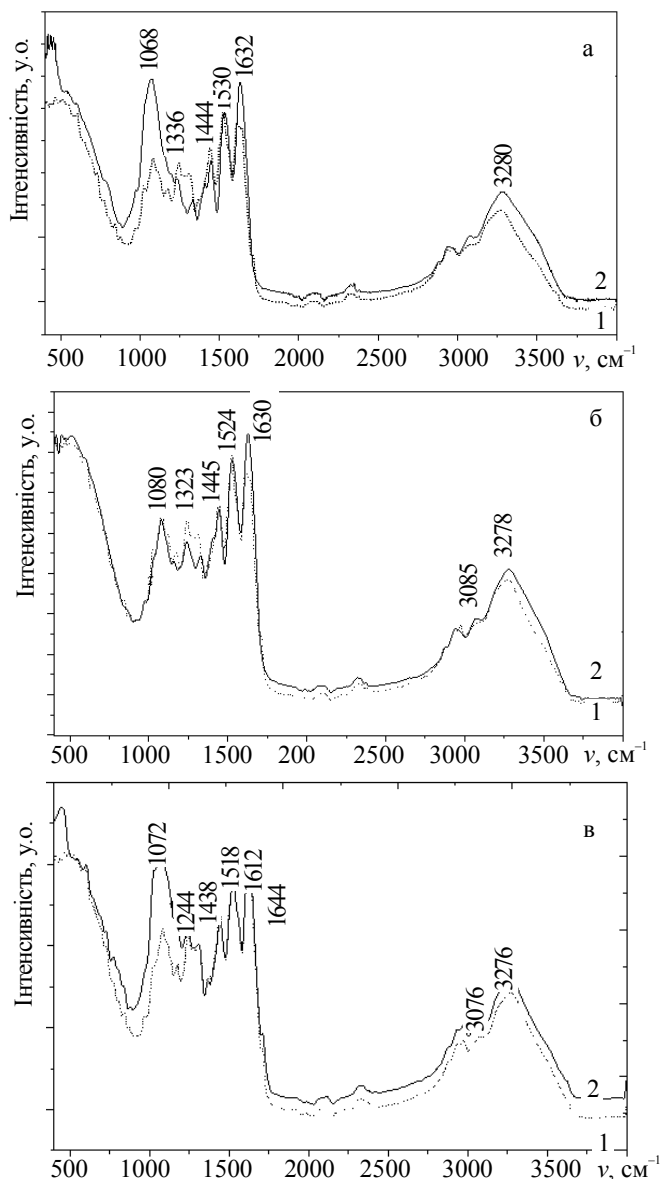


Рис. 1. ІЧ-Фур'є спектри хромованого желатину (1) та продуктів його взаємодії з інгредієнтами композиції (2): а — нано-SiO₂, б — Retanal RCN-40; в — нано-SiO₂ і Retanal RCN-40

Застосування нано-SiO₂ в технології наповнювання-додублювання шкіряного напівфабрикату. При розробленні технологій виготовлення еластичних шкір хромований напівфабрикат нейтралізували сумішшю формиату і бікарбонату натрію у співвідношенні 1:1 до рН відпрацьованого розчину 5,8—6,0 з наступним промиванням. Наповнювання-додублювання проводили за варіантами 1—3 (табл. 2) у ємностях 1 дм³ при їх обертанні у вертикальній площині зі швидкістю 18—20 хв⁻¹ за температури 32—36°C протягом 2,5—3,0 год. Нанокремнезем А-300 використовувався з жирувальною емульсією Trupol DL у співвідношеннях 1:0,33—1:1. Процес завершували фіксацією інгредієнтів композиції на структурі напівфабрикату алюмокалієвим галуном при зниженні рН робочого розчину до 4,0—4,2. Наступні оброблення шкіряного напівфабрикату проводили за технологією [12].

Таблиця 2. Витрати інгредієнтів наповнювально-додублювальної композиції

Інгредієнт композиції	Витрата, % маси напівфабрикату за варіантом технології			
	1	2	3	діючої
Високодисперсний оксид кремнію (IV) — нанокремнезем А-300	1	2	3	0
Жирувальний реагент Trupol DL	1	1	1	1
Акрилова дисперсія Retanal RCN-40	2	1	1	2
Диспергатор танідів Trupotan G	2	2	1	3
Екстракт квебрахо	6	6	6	6

Варіанти дослідної технології відрізнялись витратою нано-SiO₂, зменшенням витрат акрилової дисперсії Retanal RCN-40 та диспергатора танідів Trupotan G за однакових витрат танідів екстракту квебрахо, які відповідали діючій технології (контрольний варіант).

Вплив складу наповнювально-додублювальної композиції на результати хімічного аналізу наведено в табл. 3. Порівняно з варіантом діючої технології вміст голиної речовини зменшується зі збільшенням вмісту високодисперсного оксиду кремнію (IV). При цьому в напівфабрикаті зростає вміст дубильних речовин, що може свідчити про більш ефективну дифузію і зв'язування танідів з хромованим колагеном дерми.

Таблиця 3. Хімічний склад шкіряного напівфабрикату

Показник	Значення показника за варіантом технології			
	1	2	3	діючої
Масова частка в перерахунку на абсолютно суху речовину, %: вологи	14,1	14,4	14,7	13,3
- голиної речовини	66,8	66,1	65,7	68,3
- золи	6,3	7,1	7,7	5,4
- оксиду хрому (III)	4,0	3,8	3,5	4,2
- речовин, що екстрагуються органічними розчинниками	9,5	9,6	9,9	9,3
- органічні зв'язані дубильні речовини	12,6	12,9	12,8	12,7

За мінімальної витрати нанокремнезему А-300 спостерігається зростання пористості шкіряного напівфабрикату хромового дублення з температурою

зварювання 113—115°C (табл. 4). При цьому абсолютні значення пористості в пухких топографічних ділянках-полах підвищуються на 8—11% порівняно з варіантом діючої технології. Поряд з цим відбувається збільшення товщини шкіряного матеріалу та його об'ємного виходу, відповідно, на 9—10 і 11,0—12,6%.

Характер залежності фізико-механічних показників шкіряного матеріалу, в основному, корелює зі змінами його фізичних характеристик при збільшенні вмісту нанокремнезему А-300 в напівфабрикаті. Підвищення міцності й відносного видовження шкіри при витраті нанокремнезему А-300 1,0% порівняно з варіантом діючої технології можна пояснити глибокою міжмікрофібрилярною дифузією частинок високодисперсного оксиду кремнію (IV). Після видалення вологи під час сушильно-зволожувальних процесів елементи волокнистої структури шкіряного напівфабрикату залишаються в диспергованому мобільному стані з можливою їх орієнтацією при деформуванні. Однак при максимальних витратах нанокремнезему А-300 спостерігається незначне зниження деформаційних характеристик шкіри. При цьому порівняно з варіантом діючої технології показник жорсткості наповненої шкіри зменшується на 24,0—30,0%.

Таблиця 4. Фізико-хімічні властивості шкіряного напівфабрикату

Показник	Значення показника за варіантом технології			
	1	2	3	діючої
Температура зварювання напівфабрикату, °С	114,0	115,0	114,0	113,0
Товщина шкіри, мм	1,39	1,43	1,40	1,30
Об'ємний вихід шкіри, см ³ /100 г білка	227	240	235	213
Пористість зразків з ділянки поли, %	56,0	58,0	59,0	51,0
Межа міцності при розтягуванні, МПа	23,5	23,0	23,5	21,0
Відносне видовження при навантаженні 10 МПа, %	31,0	32,0	33,0	25,0
Відносне видовження при розриві, %	64,5	64,5	63,0	59,0
Жорсткість шкіри, сН	29,0	27,0	28,0	36,0

Характер залежностей гігієнічних властивостей зневодненого шкіряного напівфабрикату при збільшенні в ньому вмісту нанокремнезему А-300 (рис. 2, 3) корелює із зміною його пористості. При цьому показники паро- і повітропроникності досягають максимального значення в топографічних ділянках чепрака і поли, відповідно, при витраті нанокремнезему А-300 1,0 і 2,0%.

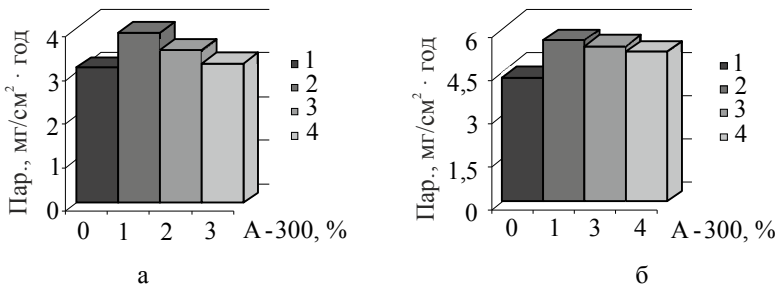


Рис. 2. Залежність паропроникності шкіряного напівфабрикату від витрат нанокремнезему А-300 і топографічної ділянки: а — чепрак; б — пола

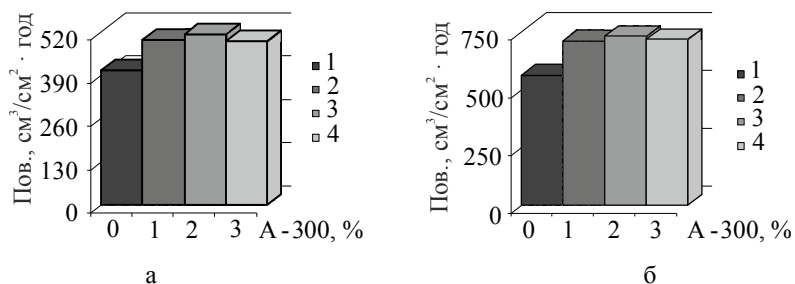


Рис. 3. Залежність повітропроникності шкіряного напівфабрикату від витрат нанокремнезему А-300 і топографічної ділянки: а — чепрак; б — пола

Такий характер залежності паро- і повітропроникності від витрат нанокремнезему А-300 може бути обумовлений як колоїдно-хімічними властивостями високодисперсного оксиду кремнію (IV), так і механізмом дифузії парів води та повітря через структуру шкіряного матеріалу. Якщо при проходженні парів води через товщу натурального матеріалу відбувається спочатку адсорбція молекул води на поверхні елементів модифікованої структури колагену дерми за участю його функціональних груп з подальшою їх десорбцією, то у випадку повітропроникності механізм визначається, в основному, особливостями тільки пористої структури матеріалу. При збільшенні витрат нанокремнезему А-300 понад 2,0% відбувається нерівномірне пошарове відкладання наповнювально-додублювальної композиції в структурі дерми — більшою мірою в поверхневому сосочковому шарі дерми, що ускладнює подальшу дифузю інгредієнтів композиції в структуру напівфабрикату.

Отже, високодисперсний оксид кремнію (IV) може бути використаний у наповнювально-додублювальній композиції для шкіряного напівфабрикату як частковий замітник імпортованих інгредієнтів для поліпшення фізико-хімічних і гігієнічних характеристик еластичних шкіряних матеріалів. Застосування нанокремнезему А-300 розробленої композиції у процесі наповнювання-додублювання забезпечує підвищення пористості шкіряного напівфабрикату і однорідності його властивостей за топографічними ділянками.

Висновки

1. Встановлено неадекватний вплив концентрації модифікованого нанокремнезему в наповнювально-додублювальній композиції на фізико-хімічні властивості шкіряного напівфабрикату. При цьому досягається збільшення відносного видовження при напруженні 10 МПа і зменшення жорсткості шкіри відповідно на 20 і 35% та підвищення паропроникності на 25—30% порівняно зі шкірою виробленою за діючою технологією.

2. Дослідження колоїдно-хімічних властивостей наповнювальної дисперсії при взаємодії нанокремнезему з допоміжними реагентами показало, що розмір частинок зменшується при збільшенні полідисперсності, відповідно, в 2,0—2,7 і 1,5—1,9 раза, від'ємного ζ -потенціалу — в 5,0—5,9 раза. Це свідчить про диспергуючий вплив жирувального матеріалу Trupol DL і акрилової дисперсії Retanal RCN-40 на нанокремнеземвмісну композицію для наповнювання-додублювання хромового напівфабрикату.

3. Аналіз ІЧ-спектрів продуктів взаємодії нанокремнезему з хромованим желатином як моделлю хромованого напівфабрикату згідно з поширенням смуги Амід А і довгохвильовому зсуву смуг Амід 1 і Амід 2 може свідчити про взаємодію попередньо йонізованого нанокремнезему з групами основного характеру колагену.

4. Встановлено, що витрати нанокремнезему в межах 1—2% маси хромового напівфабрикату в процесі наповнювання-додублювання дають можливість отримувати шкіру з підвищеним об'ємним виходом і пористістю та зниженою жорсткістю порівняно з шкірами, отриманими за діючою технологією відповідно, на 13—14 і 24—33%.

5. Результати проведеного дослідження свідчать про можливість ефективного використання нанокремнезему в складі наповнювальної композиції як екологічно безпечного та імпортозамінного реагенту при розробленні технологій виготовлення еластичних шкір.

Література

1. Nanophysics, Dzyazko Y., Volkovich Y., Nikolskaya N. Nanophotonics, Surface Studies, and Applications. *Springer Proceeding in Physics*. Hft IV. Nanochemistry and Biotechnology 2016. Vol. 183. P. 277—290.
2. Mokrousova O., Volkovich Yu. Hide and Skin of Mammals. Structural Properties of Porous Materials and Powders Used in Different Fields of Science and Technology. Springer London Ltd, 2014. Part III : Chapter 12. P. 84—93.
3. Li Y., Wang B., Li Z., Li L. Variation of pore structure of organosilicone-modified skin collagen matrix. *J. Soc. Leather Technol. Chem.* 2017. Vol. 134. № 19. 44831. P. 1 of 10.
4. Modulating stability and mechanical properties of silica-gelatin hybrid by incorporating epoxy-terminated polydimethylsiloxane oligomer / Han, X.; Du, W.; Li, Y.; Li, Z.; Li, L. *J. Soc. Leather Technol. Chem.* 2015. Vol. 133. № 8. DOI: 10.1002/app.43059.
5. Yan L.; Luo Z.; Fan, H.; Shi, B. Nano-SiO₂/oxazolidine combination tannage: Potential for chrome-free leather *J. Soc. Leather Technol. Chem.* 2008, 92, 252—257.
6. Плаван В.П. Застосування сполук кремнію для процесу дублення шкір. *Науковий вісник Мукачівського технологічного інституту*. 2007. № 3. С. 110—116.
7. Основи колоїдної хімії: фізико-хімія поверхневих явищ і дисперсних систем / Мчедлов-Петросян М.О. та ін. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2004. 300 с.
8. Справочник химика 21. Химия и химическая технология. URL: <http://chem21.info/info/505338/> (дата обращения: 4.02.2019).
9. Basic principles of particle size analysis: Technical paper /written by Dr. Alan Rawle; Malvern instruments Limited. 8 p.
10. Данилкович А.Г., Чурсин В.И. Аналитический контроль в производстве кожи и меха. Лаб. практикум: учеб. пособие. Москва: НИЦ Инфра-М. 2016. 176 с.
11. Епоксидні нанокompозити. Структура та властивості / В.Д. Мишак та ін. *Полімерний журнал*. 2008. Т. 30. С. 144—151.
12. Данилкович А.Г. Основні матеріали і технології виробництва шкіри. Київ: Фенікс, 2016. 175 с.

RESEARCH OF PROBIOTIC COATING FOR FOOD PRODUCTS

K. Pokoiovets, N. Hrehirchak

National University of Food Technologies

Key words:

Bakery products
Edible coatings
Lactic acid bacteria

Article history:

Received 06.03.2019
Received in revised form
27.03.2019
Accepted 08.04.2019

Corresponding author:

K. Pokoiovets
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The work is devoted to the study of the survival of lactic acid bacteria in fermentation, in edible coatings of various formulations for bakery products.

It is noted that the biggest problem in storage of bread is its microbiological damage, namely, drawing and mildew. The main cause of vitiation is the development of microorganisms. They can get into bread at any stage of the technological process — in the course of production at the stages of packaging, storage or sale, and lead to deterioration of its quality. When they fall into bread, growth and development of microorganisms depend on many factors: their type and quantity; the bread itself and the raw material from which it is made; the presence of a favorable medium (water, temperature, pH level, the presence of oxygen, etc.) and other factors. The development of microorganisms can be prevented or slowed down by monitoring the conditions of production and storage, the use of antibiotics, preservatives, bacteriocins of plant origin. One of the options to prevent the emergence and development of unfavorable microflora on the surface of the bread is the use of biodegradable packaging. The use of such packaging as edible coatings, which, being further enriched with active substances with antibacterial and anti-fungal properties, will ensure the microbiological stability of the baking products.

It is recognized that in the coating on the basis of sodium alginate, whey protein, glycerol and probiotic leaven “Yogurt with acidophile rod Iprovit”, which includes the following microorganisms: *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, the best survival of microorganisms ($5,7 \cdot 10^7$ CFU/g for 86 hours of storage) is observed among the samples under study.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБІОТИЧНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

К.Ю. Покойовець, Н.М. Грегірчак

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено виживання молочнокислих бактерій заквасок у їстівних покриттях різного складу для хлібобулочних виробів.

Відзначено, що найбільша проблема при зберіганні хліба — це його мікробіологічне псування, а саме: черствіння та пліснявіння. Основна причина псування — розвиток мікроорганізмів. Вони можуть потрапити в хліб на будь-якій стадії технологічного процесу — в ході виробництва (руки, одяг персоналу та повітря виробничого приміщення), на стадіях упаковки, зберігання або реалізації, і призвести до погіршення його якості. Зростання і розвиток мікроорганізмів у хлібі залежать від багатьох чинників: їх виду та кількості; самого хліба і сировини, з якого він зроблений; наявності сприятливого середовища (води, температури, рівня рН, наявності кисню тощо) та інших факторів. Розвитку мікроорганізмів можна запобігти або уповільнити його шляхом контролю умов виробництва і зберігання, застосування антибіотиків, консервантів, бактеріоцинів рослинного походження. Одним із варіантів запобігання появи і розвитку несприятливої мікрофлори на поверхні хліба є використання біодеградабельної упаковки. Використання такого пакування, як їстівне покриття, яке, будучи додатково збагаченим активними речовинами з антибактеріальною і протигрибковою властивостями, дасть змогу забезпечити мікробіологічну стабільність хлібопекарських виробів.

Відзначено, що у покритті на основі альгілату натрію, молочної сироватки, гліцерину та пробіотичної закваски «Йогурт с ацидофільною паличкою іпровіт», до складу якої входять такі мікроорганізми: *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, спостерігається найкраще виживання мікроорганізмів ($5,7 \cdot 10^7$ КУО/г на 86 год зберігання) серед досліджуваних зразків.

Ключові слова: хлібобулочні вироби, їстівні покриття, молочнокислі бактерії.

Постановка проблеми. В сучасному світі хліб без упаковки не відповідає вимогам покупців як за гігієнічними, так і за естетичними показниками. Тому важливим аспектом захисту хлібобулочних продуктів є упаковка. При виборі матеріалу упаковки слід урахувати безліч факторів, але особливо важливим є його функціональність [1].

Сьогодні як упаковку використовують найрізноманітніші матеріали: папір, картон, целофан, полімерні і комбіновані матеріали тощо. Полімерні пакування — лідери на ринку, проте вони мають два суттєвих недоліки: по-перше, полімерні пакувальні вироби виготовляються з невідновлювальних природних ресурсів (нафти, вугілля, газу тощо); по-друге, довговічність пластику, яка до недавнього часу вважалася головною перевагою, сьогодні є істотним

недоліком. Утилізація полімерних пакувальних матеріалів критично погіршує екологічний стан довкілля [2].

Проблему можна вирішити завдяки використанню біополімерів для виробництва біорозкладаючої упаковки, яка забезпечить мікробіологічну стабільність хлібопекарського виробу та зупинить розвиток плісняви на поверхні виробів. З точки зору маркетингу використання біодеградабельних пакувальних матеріалів є досить привабливим. Оскільки сьогодні населення добре поінформоване про проблеми стану навколишнього середовища, багато споживачів позитивно налаштовані на біодеградабельні упаковки, що виготовляються з біоматеріалів.

Їстівні плівки серед різних типів біодеградабельних пакування є об'єктом нового напрямку досліджень і привертають увагу не тільки вчених і виробників, а й споживачів. Цей вид біодегратованих плівок має альтернативний природному механізм біорозкладання — під дією внутрішньоклітинних і неклітинних ферментів (ендо- і екзоензимів), що містяться в шлунку і кишківнику людини, полімерний матеріал піддається хімічним реакціям, результатом яких, в основному, є окиснення і гідроліз.

У харчовій промисловості особлива увага приділяється створенню принципово нових пакувальних матеріалів, нетоксичних, здатних забезпечити ефективний захист продукту від мікробних забруднень, впливу кисню повітря, запобігти усиханню продукту в період виготовлення і зберігання [3]. Їстівні покриття сьогодні являють собою тонкошарову структуру біополімерної композиції, яка наноситься на поверхню харчових продуктів шляхом занурення, розпилення або намазування і може споживатися разом з ним [4]. Їстівні покриття використовують також як ефективні носії біологічно активних речовин (вітамінів, антиоксидантів і пробіотиків) для харчових продуктів [5; 6].

Так, наприклад, включення антиоксидантів до складу харчових плівок збільшує строк придатності продукту, захищаючи його від окиснення і зміни кольору [4; 7]. Природні антиоксиданти, такі як лимонна та аскорбінова кислоти, були включені в їстівні покриття на основі метилцелюлози для контролювання киснепроникності і зменшення втрати вітаміну С в абрикосах під час зберігання. Встановлено, що покриття на основі карагінану або сироваткового протеїну з додаванням аскорбінової або лимонної кислоти ефективно підтримують колір яблука і продовжують строк зберігання [8]. Досліджено, що бананові скибочки, покриті хлоридом кальцію, аскорбіновою кислотою і цистеїном, запобігають втраті маси продукту. Наявність у плівках на основі хітозану Са, Zn, вітаміну Е забезпечує збереження свіжості фруктів і овочів [9]. Доведено, що додавання Са і вітаміну Е в їстівне покриття поліпшує поживну цінність моркви, свіжої та замороженої полуниці, малини. Розроблені їстівні харчові плівки на основі концентрованих ягідних соків (чорної і червоної смородини) збагачують продукт мінеральними речовинами і вітамінами А, С і групи В.

Цікавим є використання пробіотиків, живих мікроорганізмів, які в результаті їх щоденного споживання (10^6 — 10^9 КУО) справляють позитивний вплив на здоров'я людини. Так, у їстівні покриття на основі альгінату для свіжих фруктів додавали *Bifidobacterium lactis Bb-12* [7], *Lactobacillus sakei* вводили в

покриття з натрію казеїнату для контролю лістерій у культуральному середовищі і в свіжій яловичині [8].

Оброблення під час виробництва харчових продуктів може призвести до значних втрат життєздатності пробіотиків через нагрівання, механічні uszkodження або осмотичний стрес, викликаний uszkodженням клітини [9].

На жаль, висока температура під час виробництва хлібобулочних виробів призводить до значних втрат пробіотичних молочнокислих культур, якщо вносити їх до складу продукту. Одним із способів розв’язання цієї проблеми є нанесення їстівних покриттів, що містять пробіотичні мікроорганізми, на поверхню продукту.

Метою статті є дослідження виживання мікроорганізмів, які входять до складу пробіотичних заквасок у складі різних їстівних покриттів при зберіганні.

Матеріали і методи. Досліджували виживання молочнокислих бактерій з пробіотичними властивостями у різних видах їстівних покриттів (табл. 1).

Таблиця 1. Склад їстівних покриттів

№ п/п	Плівкоутворюючі компоненти	Пробіотична закваска	Мікроорганізми, що входять до складу закваски
1	Альгінат натрію, молочна сироватка (суха), гліцерин	Йогурт з ацидофільною паличкою Іпровіт	<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>
2	Модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин, гліцерин	Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт	<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>
3	Модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин і гліцерин	Симбілакт Vivo	<i>Acetobacter aceti</i> , <i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Bifidobacterium adolescentis</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Bifidobacterium animalis</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Propionibacterium freudenreichii</i>
4	Модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин і гліцерин	Стрептосан Іпровіт	<i>Enterococcus faecium</i> та <i>Streptococcus salivarius subsp. thermophiles</i>

Для виготовлення *покриття № 1* використовували пробіотичну закваску «Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт», альгінат натрію, молочну сироватку (суху), як пластифікатор використовували гліцерин.

Їстівне покриття отримували шляхом змішування альгінату натрію, молочної сироватки, води та гліцерину з подальшим нагріванням суміші при 80—85°C протягом 25 хв для того, щоб забезпечити повне розчинення та гідратацію. Потім розчин охолоджували до 30°C та додавали пробіотичну закваску «Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт», яку попередньо розчиняли протягом 1—1,5 год в 10 мл прокип’яченого та охолодженого до 25°C молока.

Покриття № 2 отримували в результаті змішування таких компонентів: модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин, як пластифікатор використовували гліцерин (99%) та додавали пробіотичну закваску «Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт». Суміш крохмалю, води, желатину та гліцерину нагрівали при 80—85°C протягом 30 хв, потім охолоджували та додавали пробіотик (за схемою, яка описана при приготування покриття № 1).

До складу *покриття № 3* входить пробіотична закваска «Симбілакт Vivo» (виробник ООО «ВИВО-АКТИВ, Україна). Також додавали модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин і гліцерин (99%). Покриття отримували за схемою, описаною при приготуванні покриття № 2.

Для виготовлення *покриття № 4* використовували модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин, гліцерин (99%) і пробіотичну закваску «Стрептосан Іпровіт».

Для дослідження впливу їстівного покриття на якість хлібобулочних виробів була використана рецептура і технологія хліба «Матнакаш» за ГОСТ 27842-88 «Хліб з пшеничного борошна». Готові покриття виливали на тефлонову поверхню та зберігали при кімнатній температурі. 2 г покриття змішували з 18 мл фосфатно-буферного розчину (рН = 7) і перемішували протягом 1 год за допомогою магнітної мішалки для забезпечення достатнього розчинення покриття.

Кількість молочнокислих бактерій визначали висівом на середовище MRS. Культивування проводили за температури 37°C протягом 5 діб. Посів здійснювали через 3 год після приготування плівки, 48 год, 86 год зберігання [9; 10].

Результати і обговорення. Їстівні покриття сьогодні є перспективним напрямом у технології пакування, адже такі покриття дають змогу знизити втрати і забезпечити якість та безпеку харчових продуктів у процесі транспортування, зберігання і реалізації. Вчені звертають увагу на створення захисних покриттів, які не тільки подовжують терміни зберігання, а й збагачують продукт біологічно активними речовинами. Проте вивчення їстівних покриттів мікробіологічні показники практично не проводилося. Як правило, перевіряли тільки фізико-хімічні та органолептичні показники [11].

Тому ми перевіряли виживання молочнокислих бактерій, які входили до складу пробіотичних заквасок у різних покриттях (табл. 2).

Таблиця 2. Вживання молочнокислих бактерій у покриттях при зберіганні

Зразок покриття	Закваска	Кількість молочнокислих бактерій*, КУО/г		
		3 год	48 год	86 год
1	2	3	4	5
Контроль (покриття без закваски)	—	<10	<10	<10
№ 1 — на основі альгінату натрію та молочної сироватки	Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт	$7,5 \cdot 10^8$	$4,1 \cdot 10^8$	$5,7 \cdot 10^7$

1	2	3	4	5
№ 2 — на основі крохмалю та желатину	Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт	$6 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^5$
№ 3 — на основі крохмалю та желатину	Симбілакт Vivo	$3,1 \cdot 10^6$	$4,7 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^4$
№ 4 — на основі крохмалю та желатину	Стрептосан Іпровіт	$4,9 \cdot 10^7$	$6,8 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^5$

Примітка. * Стат. рівень значимості $p \leq 0,05$. Дослід проводили в двох повторностях і розраховувати середнє значення.

Початкова кількість мікроорганізмів у заквасках складає $1 \cdot 10^9$ КУО/г. Аналіз свіжоприготовлених покриттів показав, що найкраще виживання молочнокислих бактерій спостерігається як у покритті з альгінатом натрію, так і в покритті на основі крохмалю з комбінацією культур *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*.

Через 48 год зберігання кількість клітин у покриттях зменшується на порядок, на відміну від покриття № 1, де їх кількість залишається на майже такому самому рівні.

Відмічено, що і через 86 год зберігання найвищий ступінь виживання молочнокислих бактерій також спостерігається у покритті на основі альгінату натрію. Кількість мікроорганізмів зменшилася всього на два порядки, якщо порівняти з початковою кількістю бактерій у сухій заквасці, тоді як в інших зразках їх кількість зменшилася на 4—5 порядків.

За результатами дослідження відмічено, що найнижчий рівень виживання молочнокислих бактерій у покриттях № 3 та № 4. Такі результати можна пояснити тим, що до складу пробіотичних заквасок, які додавали до розчину покриття, в основному входили біфідобактерії, які є строгими анаеробами, а отже, погано виживали у покритті. За результатами мікроскопіювання на 86 год зберігання їх зовсім не було виявлено. Тому пробіотичні закваски, у складі яких є мікроорганізми, не доцільно використовувати у їстівних покриттях. Оскільки найвищий ступінь виживання молочнокислих бактерій спостерігається у покриттях № 1 та № 2, то можна зробити висновок, що найкраще використовувати у складі їстівних покриттів відповідні штами лактобактерій і стрептобактерій.

Порівнявши різні плівкоутворюючі розчини, можна стверджувати, що найкращою матрицею для молочнокислих бактерій є покриття на основі альгінату натрію, сухої молочної сироватки та гліцерину. Суха молочна сироватка містить у своєму складі невелику кількість легкозасвоюваних жирів, вітамін А, органічні кислоти, вітамін В₂, вітамін РР, вітамін Н, фосфор, залізо, йод, калій, кобальт. А ще вона слугує додатковим компонентом захисного середовища для лактобактерій.

Альгінат натрію володіє високими плівкоутворюючими властивостями через його унікальні колоїдні властивості, легко виводиться з організму людини і не споживається мікроорганізмами, на відмінно від крохмалю, який споживається деякими молочнокислими бактеріями, що впливати на цілісність покриття [11].

Схожі результати отримали Altamirano-Fortoul та Rosell, які розробили технологічні рішення щодо збереження пробіотичних культур в хлібі з використанням їстівного покриття на основі крохмалю при нанесенні на хліб [12].

При цьому відмічено відносно високу кількість життєздатних лактобактерій *Lactobacillus rhamnosus* GG після процесу випікання ($2,4...3,05 \cdot 10^7$ КУО/г), а їх втрати склали лише $1,0...1,4$ КУО/г через 24 год зберігання при кімнатній температурі.

Проте у дослідженнях М.О. Кашнікової [13] було встановлено, що виживання бактерій роду *Lactobacillus casei* в харчовому покритті на основі гуміарабіку під час зберігання хліба збільшується. Так, у перший день зберігання їх кількість становила $6,52 \cdot 10^5$ КУО/г, а на 6 день — $8,98 \cdot 10^7$ КУО/г, що ставить під сумнів проведені дослідження, оскільки молочнокислі бактерії не можуть розвиватися у покритті.

Відомо, що плісняві гриби є мікрофлорою псування і потрапляють на хлібобулочні вироби після їх випікання, тобто є вторинною контамінуючою мікрофлорою. За гігієнічними нормативами вміст плісневих грибів у хлібі з терміном реалізації понад 48 год не допускається. Тому потрібно перевірити, як біодеградабельні покриття з молочнокислими бактеріями захищають хлібобулочні вироби від потрапляння та розвитку контамінуючої мікрофлори (табл. 3).

Таблиця 3. Наявність пліснявих грибів при зберіганні хліба

Зразок хліба	Кількість пліснявих грибів і дріжджів,* КУО/г		
	3 год	48 год	86 год
Контроль (без покриття)	<10	$1 \cdot 10^2$	$8,2 \cdot 10^2$
3 покриттям (без додавання закваски)	<10	<10	$1 \cdot 10^2$
3 покриттям № 1	<10	<10	<10
3 покриттям № 2	<10	<10	<10
3 покриттям № 3	<10	<10	$1 \cdot 10^2$
3 покриттям № 4	<10	<10	<10

Примітка. * Стат. рівень значимості $p \leq 0,05$. Дослід проводили в двох повторностях і розраховували середнє значення.

У досліджуваних зразках № 1, 2 та 4 грибів і дріжджів не було виявлено, на відміну від зразка № 3 та зразка з покриттям без додавання закваски. В контрольному зразку хліба без покриття гриби та дріжджі спостерігаються вже на 48 год. Тож їстівні покриття захищають хлібобулочні вироби від потрапляння та розвитку контамінуючої мікрофлори.

Висновки

Отже, їстівні покриття сьогодні є перспективним напрямом в технології пакування. Їстівна плівка здатна утримувати біологічно активні речовини (макро- і мікроелементи тощо) і, відповідно, збагачувати харчові продукти необхідними нутрієнтами у фізіологічно виправданих кількостях. Крім того, їстівні плівки застосовуються як інгібітори росту патогенів і мікробного псування харчових продуктів. Тому використання в хлібопеченні їстівних плівок

і покриттів — новий спосіб збереження чутливих до нагрівання біологічно активних компонентів, в т.ч. пробіотиків.

Отримані результати підтверджують, про можливість використання їстівних покриттів з пробіотичними мікроорганізмами для зберігання харчових продуктів. Відмічено, що у зразку № 1 (на основі альгінату натрію із закваскою «Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт») спостерігається найкраща тенденція до виживання молочнокислих бактерій серед досліджуваних зразків покриттів.

Література

1. Чепель Н.В., Сильчук Т.А, Кашнікова М.О. Дослідження життєздатності пробіотичної культури *Lactobacillus casei* у житньому хлібі з харчовою плівкою. *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2015. №8/2, т. 13.
2. Савицкая Т.А. Съедобные полимерные пленки и покрытия: история вопроса и современное состояние (обзор). *Полимерные материалы и технологии*. 2016. № 2, т. 2. С. 5—36.
3. Tharanathan R.N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future / R.N. Tharanathan. *Trends in Food Science & Technology* 14. 2003. P. 71—78.
4. Bourtoom, T. Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*. 2008. Vol. 15, No. 3. P. 237—248.
5. Kanmani, P., & Lim, S. T. Development and characterization of novel probiotic-residing pullulan/starch edible films. *Food Chemistr*. 2013. Vol. 141, No. 2. P. 1041—1049.
6. Lópezde Lacey, A.M., López-Caballero, M.E., Gómez-Estaca, J., Gómez- Guillén, M.C., & Montero, P. Functionality of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* incorporated to edible coatings and films. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2012. No. 16. P. 277—282.
7. Bustos, P., & Bórquez, R. Influence of osmotic stress and encapsulating materials on the stability of autochthonous *Lactobacillus plantarum* after spray drying. *Drying Technology*. 2013. Vol. 31, No. 1. P. 57—66.
8. Tapia M S., Rojas-Graü M.A., Rodríguez F.J., Ramírez J., Carmona A., & Martín-Belloso, O. Alginate- and gellan-based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits. *Journal of Food Science*. 2007. Vol. 72, No. 4. P. 190—196.
9. Gialamas, H., Zinoviadou, K. G., Biliaderis, C. G., & Koutsoumanis K.P. Development of a novel bioactive packaging based on their incorporation of *Lactobacillus casei* into sodium-caseinate films for controlling *Listeria monocytogenes* in foods. *Food Research International*. 2010. Vol. 43, No.10. P. 2402—2408.
10. Грегірчак Н.М. Мікробіологія харчових виробництв: Лаб. практикум, К.: НУХТ, 2009. 302 с.
11. Кишеня А.В. Їстівні плівки і покриття, їх роль в якості упаковки. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2016. № 1, т. 8. С. 32 — 38.
12. Altamirano-Fortoul, R., Rosell, C. Physicochemical changes in breads from bake off technologies during storage. *Food Science and Technology*. 2011. No. 44. P. 631— 636.
13. Кашнікова М.О., Сильчук Т.А. Дослідження життєздатності пробіотичної культури *Lactobacillus casei* у житньому хлібі з харчовою плівкою. *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2015. № 8/2. С. 6—13.

SECURITY OF LOCAL BUDGETS FOR THE PURPOSES OF BUDGET DECENTRALIZATION IN UKRAINE

S. Boiko, Ya. Diachuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Budget decentralization
Security of local budgets
Index of security of local budgets
Indicators of security of local budgets
Regression analysis
Correlation analysis*

Article history:

Received 07.03.2019
Received in revised form 27.03.2019
Accepted 16.04.2019

Corresponding author:

S. Boiko

E-mail:

svitlanaboyko@ukr.net

ABSTRACT

The security of local budgets is an integral part of budget security of the state. Security of local budgets should be one of the priorities in the context of budget decentralization in Ukraine. The necessity to improve the tools of evaluation of local budgets by defining the index of security of local budgets is determined.

The purpose of the article is to study of theoretical and methodological principles of security of local budgets and to investigate the state of security of local budgets.

The method of calculation of the index of safety of local budgets of Ukraine, indicators and critical values of security types are substantiated.

The first indicator and the second indicator characterize the institutional security of local budgets. The third, fourth, fifth, sixth, seventh indicators characterize the revenues of local budgets. The eighth, ninth, tenth indicators characterize the expenditures of local budgets. The eleventh indicator and the twelfth indicator characterize the debt security of local budgets.

Restrictions of using various indicators of security of local budgets are related, first of all, with limited information provision and insufficient publicity of local budgets.

The critical values of indicators by types of security are determined: to 0.25 is the crisis state; from 0.25 to 0.50 is the critical state; from 0.50 to 0.75 is the unstable state; from 0.75 to 0.90 is the admissible state; from 0.90 to 1.00 is the absolute state.

The expediency of calculating index of security of local budgets on the changed and simplified formula for six indicators are substantiated and verified with economic and statistical tools. These indicators are timely adoption of the Law of Ukraine “On the State Budget of Ukraine” and decisions on local budgets; the coefficient of growth of local budget revenues without transfers; the coefficient of implementation of approved indices of local budget revenues without transfers; the ratio of transfers from the state budget to local budget revenues; coefficient of implementation of approved indicators of local budget expenditures; coefficient of growth of the total volume of local debt.

Based on the calculation of the index of safety of local budgets, the state of security was determined in 2011—2017: the unstable state in 2011—2012, the critical state in 2013—2014, the unstable situation state in 2015—2017 with a tendency for a significant improvement of the financial situation of provision of local budgets.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-9

БЕЗПЕКА МІСЦЕВИХ БЮДЖЕТІВ У КОНТЕКСТІ БЮДЖЕТНОЇ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ В УКРАЇНІ

С.В. Бойко, Я.С. Дячук

Національний університет харчових технологій

У статті удосконалено інструментарій оцінки місцевих бюджетів шляхом визначення індексу безпеки місцевих бюджетів як на макро-, так і на макрорівні.

Обґрунтовано методикою обчислення індексу безпеки місцевих бюджетів України, індикатори та їх критичні значення за типами безпеки. Перші два індикатори характеризують інституційне забезпечення безпеки місцевих бюджетів, наступні п'ять — доходи місцевих бюджетів, наступні три — видатки місцевих бюджетів, наступні два — боргову безпеку місцевих бюджетів. Обмеження щодо застосування різних індикаторів безпеки місцевих бюджетів пов'язані передусім з недостатнім інформаційним забезпеченням і недостатньою публічністю місцевих бюджетів. Визначено критичні значення індикаторів за типами безпеки за такою шкалою: до 0,25 — кризовий; 0,25—0,50 — критичний; 0,50—0,75 — нестабільний; 0,75—0,90 — допустимий; 0,90—1,00 — абсолютний стан.

Обґрунтовано та перевірено за допомогою економіко-статистичного інструментарію доцільність обчислення індексу безпеки місцевих бюджетів за зміненою та спрощеною формулою за шістьма індикаторами: своєчасність прийняття Закону України «Про Державний бюджет України» та рішень про місцеві бюджети; коефіцієнт зростання доходів місцевих бюджетів без урахування трансфертів; коефіцієнт виконання затверджених показників доходів місцевих бюджетів без урахування трансфертів; відношення трансфертів з державного бюджету до доходів місцевих бюджетів; коефіцієнт виконання затверджених показників видатків місцевих бюджетів; коефіцієнт зростання загального обсягу місцевого боргу.

На основі розрахунку обґрунтованого індексу безпеки місцевих бюджетів України визначено стан безпеки у 2011—2017 рр.: нестабільний стан у 2011—2012 рр., критичний — 2013—2014 рр., нестабільний — у 2015—2016 рр. з тенденцією до суттєвого поліпшення стану фінансового забезпечення місцевих бюджетів.

Ключові слова: бюджетна децентралізація, безпека місцевих бюджетів, індекс безпеки місцевих бюджетів, індикатори безпеки місцевих бюджетів, регресійний аналіз, кореляційний аналіз.

Постановка проблеми. Реформування бюджетної системи в Україні викликано наявністю багатьох проблем, впливом макроекономічних, макрофінансових і внутрішніх суперечливих чинників, зокрема таких, як бюджетна централізація. Через державний бюджет у 2008—2018 рр. перерозподілялося 73—82% всіх доходів Зведеного бюджету України і лише 18—28% перерозподілялося через місцеві бюджети (бюджет Автономної Республіки Крим, обласні, районні бюджети та бюджети місцевого самоврядування). Негатив-

ною слід визначити тенденцію до збільшення частки державного бюджету та, відповідно, зменшення частки місцевих бюджетів. Як видно з рис. 1, середня частка перерозподілу доходів Зведеного бюджету України через державний бюджет становила 78,18%; середня частка перерозподілу доходів через місцеві бюджети з урахуванням міжбюджетних трансферів становила 48,30%, щорічне зменшення — 0,83%; середня частка перерозподілу доходів через місцеві бюджети з урахуванням міжбюджетних трансферів становила 21,88%, щорічне зменшення — 0,11%. Зменшення частки місцевих бюджетів у 2014 р. склало до 22,17% (–1,58 п. п.), 2015 р. — до 18,48% (–3,69 п. п.), 2018 р. — 21,92% (–0,65 п. п.). Така динаміка суперечить задекларованій у 2014 р. бюджетній децентралізації в Україні та положенню про «створення належних матеріальних, фінансових та організаційних умов для забезпечення здійснення органами місцевого самоврядування власних і делегованих повноважень» [1].



Рис. 1. Структура дохідної частини Зведеного бюджету України у 2011—2018 рр., % [2]

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментальні основи дослідження місцевих фінансів викладено в працях таких зарубіжних та українських вчених, як Р. Фішер (R. Fisher), А. Хансен і Х. Перлофф (A. Hansen and, H. Perloff.), Н. Хепурт (N. Hepworth), А. Вагнер (A. Wagner), А. Буряченко [3], І. Волохова [4], П. Кованько, І. Луніна [5], В. Твердохлебов, М. Цитович, М. Яснопольський та інші.

Мета статті: обґрунтування теоретико-методологічних засад оцінювання безпеки місцевих бюджетів і дослідження її стану.

Викладення основних результатів дослідження. Відповідно до чинного законодавства [6] визначено дев'ять складових економічної безпеки держави: виробнича, демографічна, енергетична, зовнішньоекономічна, інвестиційно-інноваційна, макроекономічна, продовольча, соціальна, фінансова. Остання, у

свою чергу, поділяється на банківську, боргову, бюджетну, валютну, грошово-кредитну безпеку та безпеку небанківського фінансового ринку. Безпека місцевих бюджетів не визначена у складі жодної із зазначених складових, проте актуальність її оцінки є незаперечною.

Індекс безпеки місцевих бюджетів розраховуємо за формулою:

$$I = \sum_{i=1}^n b_i x_i, \quad (1)$$

де: b_i — вагові коефіцієнти, що визначають ступінь внеску i -го індикатора в інтегральний індекс; x_i — значення i -го індикатора.

Методика визначення індексу безпеки місцевих бюджетів базується на системі вагових коефіцієнтів Фішберна.

Першим кроком оцінювання безпеки місцевих бюджетів є визначення системи індикаторів (показників, коефіцієнтів). Вважаємо, що система індикаторів оцінки безпеки місцевих бюджетів повинна охоплювати оптимальну кількість індикаторів, яка б відповідала вимогам комплексності та систематичності:

- своєчасність прийняття Закону України «Про Державний бюджет України» та рішень про місцеві бюджети, кількість днів прострочення — X1;
- частота внесення змін до законодавства у частині місцевих бюджетів (Бюджетний кодекс України, Податковий кодекс України, Закон України «Про Державний бюджет України» тощо; у цьому дослідженні обмежено змінами до розділів III-IV Бюджетного кодексу України), кількість внесених змін — X2;
- коефіцієнт зростання доходів місцевих бюджетів без урахування трансфертів — X3;
- коефіцієнт виконання затверджених показників доходів місцевих бюджетів без урахування трансфертів, % — X4;
- відношення трансфертів з державного бюджету до доходів місцевих бюджетів, % — X5;
- частка базових дотацій (дотацій вирівнювання) в структурі міжбюджетних трансфертів, % — X6;
- частка податкових надходжень у доходах місцевих бюджетів без урахування трансфертів, % — X7;
- коефіцієнт зростання видатків місцевих бюджетів — X8;
- коефіцієнт виконання затверджених показників видатків місцевих бюджетів, % — X9;
- коефіцієнт варіації доходів місцевих бюджетів без урахування трансфертів на душу населення — X10;
- частка видатків на обслуговування місцевого боргу у видатках місцевих бюджетів, % — X11;
- коефіцієнт зростання загального обсягу місцевого боргу, % — X12.

Отже, запропоновані нами індикатори не можна вважати вичерпними, проте в умовах наявного інформаційного забезпечення та рівня публічності місцевих бюджетів, а також особливостей макрофінансового аналізу вони є оптимальними для оцінки безпеки місцевих бюджетів. Перші два індикатори (X1, X2) характеризують інституційне забезпечення безпеки місцевих бюджетів, наступні п'ять (X3, X4, X5, X6, X7) — доходи місцевих бюджетів, наступні три (X8, X9,

X10) — видатки місцевих бюджетів, наступні два (X11, X12) — боргову безпеку місцевих бюджетів. Обмеження щодо застосування різних індикаторів безпеки місцевих бюджетів пов'язані передусім з недостатнім інформаційним забезпеченням і недостатньою публічністю місцевих бюджетів. Наприклад, інформація про стан місцевих боргів на офіційному сайті Державної казначейської служби України [7] оприлюднюється лише з 2011 р., саме тому наше дослідження охоплюватиме період 2011—2018 рр. (три квартали).

Другим кроком оцінки безпеки місцевих бюджетів повинно бути визначення значимості індикаторів боргової безпеки (табл. 1), використовуючи експертний метод (експертами виступають С. Бойко, Я. Дячук, М. Однорог) та формулу Фішберна:

$$r_i = \frac{2(n-i+1)}{(n+1)n} \quad (2)$$

де r_i — ваговий коефіцієнт i -го показника сукупності; n — загальна кількість факторів, i — порядковий номер (ранг) показника сукупності [8, с. 73—74].

Таблиця 1. Значимість індикаторів безпеки місцевих бюджетів

№ п/п	Індикатор	Експерти			Ранг	Значимість
		Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3		
1	X1	1	2	10	3	0,154
2	X2	2	1	9	1	0,141
3	X3	7	6	4	7	0,128
4	X4	5	3	5	4	0,115
5	X5	6	9	2	6	0,103
6	X6	4	10	3	5	0,090
7	X7	3	8	1	2	0,077
8	X8	10	7	6	10	0,064
9	X9	9	4	7	8	0,051
10	X10	8	5	8	9	0,038
11	X11	11	11	11	11	0,026
12	X12	12	12	12	12	0,013
	Разом	78	78	78	78	1,000

Третім кроком оцінки безпеки місцевих бюджетів повинно бути визначення критичних значень індикаторів за типами безпеки (табл. 2) за шкалою, запропонованої С. Бойко: «до 0,25 — кризовий; 0,25 — 0,50 — критичний; 0,50—0,75 — нестабільний; 0,75—0,90 — допустимий; 0,90—1,00 — абсолютний стан» [9, с. 99].

Таблиця 2. Критичні значення індикаторів безпеки місцевих бюджетів

№ п/п	Індикатор	Тип безпеки				
		кризовий	критичний	нестабільний	допустимий	абсолютний
1	2	3	4	5	6	7
	Ваговий коефіцієнт	0	0,25	0,5	0,75	1
1	X1	більше 180	90—180	30—90	до 30	0
2	X2	більше 7	6—7	5	3—4	до 2

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
3	X3	менше 90	90—95	95—100	100	більше 100
4	X4	менше 85	85—90	90—95	95—100	більше 100
5	X5	більше 60	55—60	50—55	45—50	до 45
6	X6	більше 50	45—50	40—45	35—40	до 35
7	X7	більше 85	80—85	75—80	65—70	до 65
8	X8	менше 90	90—95	95—100	100	більше 100
9	X9	менше 85	85—90	90—95	95—100	більше 100
10	X10	більше 60	50—60	40—50	33—40	до 33
11	X11	більше 10	7—10	5—7	3—5	до 3
12	X12	більше 110	110—100	90—100	80—90	менше 80

Четвертим кроком оцінки безпеки місцевих бюджетів є розрахунок індикаторів і трансформація їх у значення за типами безпеки (табл. 3 та табл. 4)

Таблиця 3. Розраховані індикатори безпеки місцевих бюджетів у 2011—2017 рр.

№ п/п	Індикатори	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	X1	23	22	6	47	29	25	21
2	X2	2	7	5	5	11	5	3
3	X3	107,63	116,34	104,32	96,13	119,17	141,72	134,41
4	X4	101,41	103,5	93,5	87,6	111,75	110,64	104,78
5	X5	52,26	55,25	52,42	56,37	59,08	53,37	54,29
6	X6	50,71	48,71	52,85	49,34	4,18	2,43	2,13
7	X7	84,34	85,16	86,71	86,38	81,52	86,03	87,59
8	X8	113,29	122,98	98,77	102,63	301,33	125,15	141,53
9	X9	95,56	94,34	89,61	84,53	94,79	93,2	92,82
10	X10	36,38	36,11	35,72	38,26	46,92	43,49	38,22
11	X11	0,45	0,45	0,68	0,65	0,25	0,09	0,02
12	X12	—	124,65	126,25	113,08	62,61	82,84	103,03

Таблиця 4. Індикатори безпеки місцевих бюджетів за типами безпеки у 2011—2017 рр.

№ п/п	Індикатор	Значення за типами безпеки							Значення скореговані на ваговий коефіцієнт						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	X1	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	0,75	0,75	0,12	0,12	0,12	0,08	0,12	0,12	0,12
2	X2	1	0,25	0,5	0,5	0	0,5	0,75	0,14	0,04	0,07	0,07	0,00	0,07	0,11
3	X3	1	1	1	0,5	1	1	1	0,13	0,13	0,13	0,06	0,13	0,13	0,13
4	X4	1	1	0,5	0,25	1	1	1	0,12	0,12	0,06	0,03	0,12	0,12	0,12
5	X5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	0,05	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,05
6	X6	0	0,25	0	0,25	1	1	1	0,00	0,02	0,00	0,02	0,09	0,09	0,09
7	X7	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
8	X8	1	1	0,5	1	1	1	1	0,06	0,06	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06
9	X9	0,75	0,5	0,25	0	0,5	0,5	0,5	0,04	0,03	0,01	0,00	0,03	0,03	0,03
10	X10	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,75	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
11	X11	1	1	1	1	1	1	1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
12	X12	1	0	0	0	1	0,75	0,25	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00

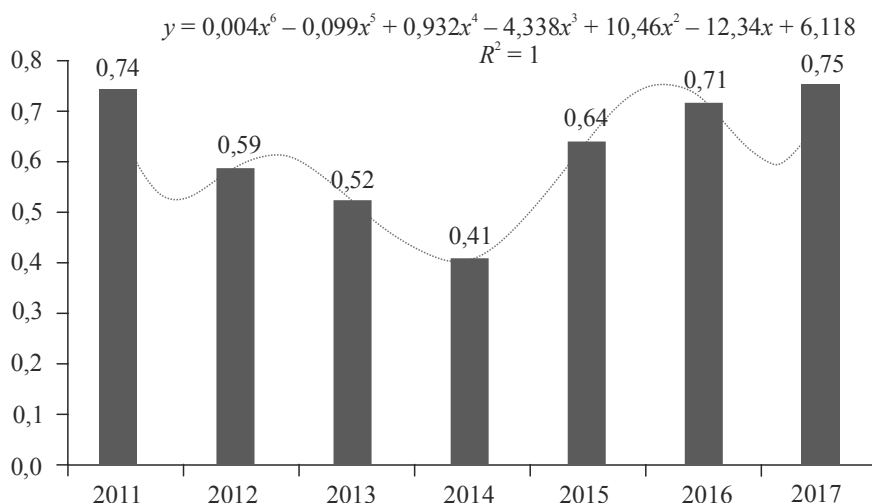


Рис. 2. Індекс безпеки місцевих бюджетів у 2011—2017 рр.

Отже, у 2011—2012 рр. безпека місцевих бюджетів України перебувала у нестабільному стані з тенденцією до зменшення. Протягом 2013—2014 рр. стан безпеки місцевих бюджетів погіршився та перебував на критичному рівня. З 2014 р. почалося і триває нині покращення стану безпеки. У 2015—2017 рр. стан її класифікувався як нестабільний з наближенням до допустимого.

Вплив кожного з індикаторів на індекс безпеки місцевих бюджетів різний, а в окремих випадках зовсім мінімальний, тому для визначення розміру впливу побудуємо кореляційну матрицю за допомогою функції «Кореляція» в MS Excel (табл. 5).

Таблиця 5. Кореляційна матриця впливу індикаторів безпеки місцевих бюджетів на значення індексу безпеки місцевих бюджетів у 2011—2017 рр.

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
Y	1,000												
X1	0,749	1,000											
X2	0,370	0,000	1,000										
X3	0,749	1,000	0,000	1,000									
X4	0,888	0,804	0,000	0,804	1,000								
X5	0,578	0,471	0,725	0,471	0,213	1,000							
X6	0,478	0,230	-0,337	0,230	0,486	0,000	1,000						
X7	0,359	0,258	0,000	0,258	0,389	-0,091	0,000	1,000					
X8	0,350	-0,167	0,000	-0,167	0,452	-0,354	0,461	0,258	1,000				
X9	0,894	0,795	0,271	0,795	0,919	0,375	0,183	0,564	0,331	1,000			
X10	-0,292	-0,258	0,529	-0,258	-0,389	0,091	-0,714	-0,300	-0,258	-0,205	1,000		
X11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	
X12	0,650	0,400	0,068	0,400	0,603	0,189	0,368	0,826	0,400	0,689	-0,645	0,000	1,000

Для отримання більш достовірного індексу безпеки місцевих бюджетів визначимо індикатори, значення яких на перетині стовпця Y більше 0,500: X1 (0,749), X3 (0,749), X4 (0,888), X5 (0,578), X9 (0,894), X12 (0,650). Інші

індикатори (X2 (0,370), X6 (0,478), X7 (0,395), X8 (0,350), X10 (-0,292), X11 (0,000)) на сучасному етапі розвитку місцевих фінансів і місцевих бюджетів як їх основної складової, реалізації бюджетної децентралізації в Україні мають незначний вплив на загальний рівень безпеки місцевих бюджетів.

Пропонується виключити такі індикатори: частота внесення змін до законодавства у частині виконання місцевих бюджетів — X2; частка базових дотацій (дотацій вирівнювання) в структурі міжбюджетних трансфертів — X6; частка податкових надходжень у доходах місцевих бюджетів без урахування трансфертів — X7; коефіцієнт зростання видатків місцевих бюджетів — X8; коефіцієнт варіації доходів місцевих бюджетів без урахування трансфертів на душу населення — X10; частка видатків на обслуговування місцевого боргу у видатках місцевих бюджетів — X11.

Отже, індекс безпеки місцевих бюджетів доцільно обчислювати за змінною та спрощеною формулою, що буде визначена з урахуванням зміни значимості індикаторів (табл. 6):

$$I = 0,048 X1 + 0,238 X3 + 0,286 X4 + 0,190 X5 + 0,143 X9 + 0,095 X12. \quad (3)$$

Таблиця 6. Відкорегована значимість індикаторів безпеки місцевих бюджетів

№ п/п	Індикатор	Ранг		Значимість	
		початковий варіант	відкорегований варіант	початковий варіант	відкорегований варіант
1	X1	3	6	0,154	0,048
2	X2	1	—	0,141	—
3	X3	7	2	0,128	0,238
4	X4	4	1	0,115	0,286
5	X5	6	3	0,103	0,190
6	X6	5	—	0,09	—
7	X7	2	—	0,077	—
8	X8	10	—	0,064	—
9	X9	8	4	0,051	0,143
10	X10	9	—	0,038	—
11	X11	11	—	0,026	—
12	X12	12	5	0,013	0,095
	Разом			1,000	1,000

Висновки

Безпека місцевих бюджетів є невід’ємною складовою бюджетної безпеки держави. Її дотримання повинно стати одним із визначальних пріоритетів у контексті реалізації бюджетної децентралізації в Україні. Вважаємо за необхідне удосконалювати інструментарій оцінки місцевих бюджетів шляхом визначення індексу безпеки місцевих бюджетів як на макро-, так і на макрорівні. Обґрунтовано порядок обчислення індексу безпеки місцевих бюджетів, індикатори та їх критичні значення за типами безпеки, що дало змогу визначити стан безпеки у 2011—2015 рр.: нестабільний стан у 2011—2012 рр., критичний — 2013—2014 рр., нестабільний — у 2015—2017 рр. з тенденцією до суттєвого поліпшення стану фінансового забезпечення місцевих бюджетів.

Література

1. Про схвалення Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 1 квітня 2014 р. № 333-р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/333-2014-%D1%80> (дата звернення: 20.01.2019).
2. Статистичний збірник Міністерства фінансів України «Бюджет України — 2017». URL: <http://www.minfin.gov.ua/news/view/statystychnyi-zbirnyk-ministerstva-finansiv-ukrainy-budzhety-ukrainy--?category=bjudzhety&subcategory=poperedni-bjudzhety> (дата звернення: 20.01.2019).
3. Буряченко А.Є. Фінансовий потенціал регіонального розвитку: монографія. Київ: КНЕУ, 2013. 342 с.
4. Волохова І.С. Місцеві фінанси та перспективи поглиблення фінансової децентралізації в Україні: монографія. Одеса: Атлант, 2014. 461 с.
5. Луніна І.О. Державні фінанси та реформування міжбюджетних відносин. Київ: Наукова думка, 2006. 432 с.
6. Методичні рекомендації щодо розрахунку рівня економічної безпеки України : Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 29 жовтня 2013 р. № 1277. URL: <http://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&tag=MetodichniRekomendatsii> (дата звернення: 20.01.2019).
7. Звітність про виконання бюджету. URL: <http://www.treasury.gov.ua/main/uk/doccatalog/list?currDir=146477> (дата звернення: 20.01.2019).
8. Кирьянов Б.Ф., Кирьянов Д.В. К теории построения интегральных показателей качества систем на основе линейных математических моделей. *Современные наукоемкие технологии*. Москва, 2008. № 4. С. 73—74
9. Вплив глобалізаційних процесів на безпеку держави: економічний, інформаційний, соціальний та культурологічний аспекти: монографія / за ред. П.І. Юхименка. Київ: Ун-т «Україна», 2015. 513 с.

SOCIO-ECONOMIC ASPECTS OF ORGANIC PRODUCTION MANUFACTURING IN UKRAINE

V. Yemtsev, G. Yemtseva

National University of Food Technologies

Key words:

Organic agricultural production

Organic production Demand

Agro-industrial complex Quality and safety of products

Article history:

Received 13.03.2019

Received in revised form 26.03.2019

Accepted 11.04.2019

Corresponding author:

G. Yemtseva

E-mail:

Viem17@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of the article is to study the socio-economic aspects of organic production in the world and in Ukraine, to identify the main problems that hamper the development of organic products manufacturing, trends and prospects for the formation of domestic market of the organic products.

The methodological basis of the study is a system of scientific and special methods, namely: analysis and synthesis, induction and deduction (when structuring the subject of research on the basis of identification and formalization of problems of the development of organic production); economic-statistical, comparative and economic analysis (when analyzing the state, trends, and also problems of the development of organic production); analytical and logical generalizations (when determining and studying the factors that influence the development and formation of organic products market), etc. The application of these methods allows to investigate the current state and trends of organic agriculture and the production of organic products in the world and in Ukraine. The analysis of statistical data allows us to make the conclusion that the producers are interested in organic production and there is a growing demand of the population for organic products. The main problems of organic production development in Ukraine are defined (low level of income, lack of sufficient support and stimulation of organic production by the state, lack of development of the domestic market, insufficient development of the infrastructure of the organic products market, the presence of unscrupulous operators at the market, weak development of domestic and international integration and limited access to the external markets of organic products, insufficient educational work among the population about “healthy” life, a significant shortage of highly skilled agronomic staff specializing in the production of organic products, a relatively complex and lengthy procedure for obtaining a certificate, etc.) and ways to overcome them.

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ

В.І. Ємцев, Г.Ф. Ємцева

Національний університет харчових технологій

Метою статті є дослідження соціально-економічних аспектів виробництва органічної продукції у світі та в Україні, визначення основних проблем, що стримують розвиток виробництва органічних продуктів, тенденцій і перспектив становлення вітчизняного ринку органічної продукції. Методологічна основа дослідження — система загальнонаукових і спеціальних методів, а саме: аналізу і синтезу, індукції та дедукції (при структуруванні предметної площини дослідження на підґрунті ідентифікації та формалізації проблем розвитку органічного виробництва); економіко-статистичного, порівняльного й економічного аналізу (при аналізі стану, тенденцій, а також проблем розвитку виробництва органічної продукції); аналітичних і логічних узагальнень (при визначенні та дослідженні факторів впливу на розвиток і формування ринку органічної продукції) тощо.

Застосування цих методів дало змогу дослідити сучасний стан і тенденції розвитку органічного сільського господарства та виробництва органічних продуктів у світі та в Україні. Аналіз статистичних даних підтвердив загальну зацікавленість виробників органічним виробництвом і зростаючий попит населення в органічній продукції. Визначені основні проблеми розвитку виробництва органічної продукції в Україні (низький рівень доходів населення, відсутність достатньої підтримки та стимулювання органічного виробництва з боку держави, нерозвиненість внутрішнього ринку, недостатня розвиненість інфраструктури ринку органічної продукції, наявність недобросовісних операторів на ринку, слабкий розвиток внутрішньої і міжнародної інтеграції та обмежений доступ на зовнішні ринки органічної продукції, недостатня просвітницька робота серед населення щодо здорового способу життя, значний дефіцит висококваліфікованих агрономічних кадрів, що спеціалізуються на виробництві органічної продукції, відносно складна та тривала за часом процедура отримання відповідного сертифіката тощо) та запропоновані шляхи їх подолання.

Ключові слова: *органічне сільгоспвиробництво, виробництво органічної продукції, попит, АПК, якість та безпечність продукції.*

Постановка проблеми. Сучасні тенденції до збільшення хронічних і дегенеративних захворювань у населення в різних країнах світу є свідченням того, як змінюється людство, коли ігнорує важливий зв'язок між усвідомленням шкоди, якої завдає стану довкілля застосування гербіцидів, фунгіцидів, нітратів, пестицидів, підвищення рівня хімізації технологій з вирощування і переробки сільгосппродукції та якості і безпечності їжі. Як наслідок, значну частину того, що зараз вирощує, переробляє та споживає людство в їжу, можна з повним правом віднести до категорії «сміття».

Також гостро стоїть і проблема ожиріння. Практично у всіх регіонах світу з нею вже зіткнулося понад 640 млн осіб. Найчастіше, це результат переорієнтації на споживання дешевої, менш здорової, але здатної дати організму більше енергії їжі.

Саме тому у всьому світі відбувається інтенсивний розвиток альтернативного напрямку в сільському господарстві, який базується на органічному виробництві сільгосппродукції, дружньому ставленні до природи, відновленні родючості ґрунтів, забезпеченні здоров'я рослин, тварин і, як наслідок, здоров'я людей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню стану, проблем і перспектив виробництва органічної продукції в Україні приділяється увага в працях таких вчених, як: В.І. Артиш, Н.А. Берлач, Н.Х. Грабак, О.Т. Дудар, М.В. Капштик, М.І. Кобець, О.М. Маслак, М.К. Шикула, О.В. Шубравська та інших. Незважаючи на вагомість досліджень, наукове обґрунтування сутності практичних кроків щодо прискорення розвитку органічного сільськогосподарського виробництва, проблема залишається актуальною і потребує подальших досліджень.

Мета дослідження: дослідити еколого-економічні аспекти виробництва органічної продукції в Україні, виявити фактори, що стримують розвиток виробництва органічних продуктів і визначити перспективи становлення вітчизняного ринку органічної продукції.

Викладення основних результатів дослідження. Відповідно до визначення Міжнародної федерації органічного сільськогосподарського руху (надалі IFOAM) «...органічне сільське господарство — виробнича система, яка підтримує здоров'я ґрунтів, екосистем і людей. Вона залежить від екологічних процесів, біологічного різноманіття та природних циклів, характерних для місцевих умов, уникаючи використання невідновлюваних ресурсів. Органічне сільське господарство об'єднує традиції, нововведення та науку, щоб поліпшити стан навколишнього середовища і розвивати справедливі взаємини та гідний рівень життя» [1].

Обов'язковою умовою органічного сільгоспвиробництва є вирощування продуктів в екологічно чистому ґрунті при цілковитій відмові від використання ГМО-насіння, отрутохімікатів, мінеральних і синтетичних добрив, синтетичних стимуляторів росту, харчових антибіотиків у тваринництві тощо.

При подальшій переробці продуктів заборонено рафінування та використання синтетичних барвників, ароматизаторів і консервантів, а на всіх технологічних етапах виробництва обов'язковим є застосування методів, принципів і правил щодо отримання натуральної (екологічно чистої) продукції, а також збереження і відновлення природних ресурсів. Для того, щоб продукція могла вважатися органічною, виробник повинен сертифікувати всі етапи вирощування сировини і виготовлення готової продукції [2].

Протягом двох останніх десятиліть виробництво органічної продукції демонструє значне зростання і вважається одним із найперспективніших напрямів аграрної економіки в багатьох країнах світу, забезпечуючи необхідну якість сільгосппродукції та зберігаючи навколишнє середовище.

До основних переваг виробництва органічної продукції можна віднести:

- високі смакові і поживні якості виробленої агропродукції, відсутність шкідливих домішок, що сприяє відновленню та зміцненню здоров'я людини;
- відсутність шкоди від виробництва для навколишнього середовища і здоров'я людини;
- збереження природних якостей, безпеки і натурального складу сировини при подальшій переробці.

Почавшись у вигляді наукового експерименту у 50-х роках минулого століття, органічне землеробство на сьогоднішні розвивається близько у 179 країнах світу на загальній площі біля 50,9 млн га (у 5 разів більше проти 1999 р.). Ще близько 42 млн га (у 10 разів більше проти 1999 р.) використовується в органічному виробництві як площі для збору дикоросів [16; 17]. Результати проведеного аналізу свідчать, що під органічним виробництвом на початок 2016 р. було зайнято близько 1% від загальних площ фермерських земель у світі [1].

При цьому, згідно з даними ІФОАМ, найбільші площі під органічним виробництвом були зосереджені в Австралії — 22,7 млн га, Аргентині — 3,8 млн га, США та Іспанія — по 2 млн га, Китаї — 1,6 млн га, Італії — 1,5 млн га, Франції — 1,4 млн га, Уругваї — 1,3 млн га, Індії — 1,2 млн га та Німеччині — 1,1 млн га [1].

Результати проведеного дослідження свідчать, що у світі майже до 2,7 мільйона господарств (у 11,7 раза більше ніж у 1999 р.) зростає чисельність виробників органічної продукції. Як показав проведений аналіз, понад 75% всіх виробників зосереджена у країнах Азії, Африки та Латинської Америки. При цьому країнами, де налічується найбільша чисельність виробників органічної продукції, є Індія, Ефіопія та Мексика.

У ЄС площа угідь, зайнятих під органічним виробництвом, у 2016 р. становила 14,0 млн га (на 52% більше проти 2010 р.), а кількість виробників органічної продукції складала 295 тисяч підприємств. Найбільші площі були зосереджені в Іспанії (1969 тис. га), Італії (1803 тис. га), Франції (1475 тис. га), Німеччині (1189 тис. га), Польщі (581 тис. га) [1].

Частка угідь, зайнятих під органічним виробництвом в ЄС, становить 6,2% від усіх сільськогосподарських земель, що оброблюються, хоча в розрізі країн-членів ЄС цей показник дуже різниться. Найвища питома вага угідь під органічним виробництвом в Австрії — 21,9%, найнижча — на Мальті (0,3%).

За оцінками ІФОАМ, поточний обсяг світового споживчого ринку органічної продукції щорічно збільшується на 5—10% і у 2016 р. склав більше 78,68 млрд євро (або у 5,12 раза більше ніж у 1999 р.). При цьому найбільший ринок збуту органічної продукції був у США, де обсяг реалізації органічної продукції склав майже 34,12 млрд євро/рік (або 43,3% від ємності світового ринку органічної продукції). Друге місце посіли країни ЄС — 33,5 млрд євро/рік (42,5%), третє — Китай — 5,17 млрд євро/рік (6,5%) [1].

Як свідчать результати проведених розрахунків, кожен мешканець планети в 2016 р. витратив у середньому більше 10 євро/рік на придбання органічної продукції. Найбільше на споживання органічної продукції витрачали у Швейцарії, де рівень споживання органічних продуктів у розрахунку на душу

населення склав 274 євро/рік, Данії — 227 євро/рік, Швеції — 197 євро/рік. Люксембурзі — 188 євро/рік [1].

На думку експертів, оборот цього ринку до 2022 р. може сягнути 150—170 млрд євро. При цьому постійно зростаючий інтерес до органічних продуктів і у споживачів, і у виробників, підігривається «харчовими та ГМО скандалами», які періодично виникають на ринку, а також можливістю одержання додаткового прибутку. Наприклад, у розвинених країнах продукти органічного виробництва на 30—50% дорожчі за традиційні аналоги [1; 4].

Дослідження багаторічної практики країн з розвинутим органічним виробництвом, демонструє економічні, екологічні та соціальні переваги органічного виробництва, серед яких:

- мінімізація негативного впливу на природу, в тому числі зменшення забруднення ґрунту, ґрунтових і поверхневих вод, атмосфери, збереження біорізноманіття;

- більш етична і природна поведінка людини в екосистемі, частиною якої вона є, в тому числі зменшення страждань сільськогосподарських тварин;

- підвищення незалежності виробника від зовнішніх джерел фінансування, поставок отрутохімкатів, мінеральних добрив, зменшення енерго- і трудовитрат на одиницю продукції;

- збільшення кількості робочих місць у сільській місцевості, розвиток місцевих ринків екологічної продукції тощо.

Україна, маючи значний потенціал для виробництва органічної сільськогосподарської продукції, її експорту, споживання на внутрішньому ринку, також досягла певних позитивних результатів щодо розвитку власного органічного виробництва. Цьому значно посприяли позитивні зміни та посилення правової бази країни відносно виробництва й обігу органічної продукції [2; 3]. Так, за загальною площею сільськогосподарських угідь, сертифікованих у 2017 р. як органічні, Україна (421,5 тис. га) займала 11 місце серед країн Європи та 20 місце у світі (табл.1) [1].

Таблиця 1. Динаміка загальної кількості сільськогосподарських угідь, кількості сертифікованих підприємств з виробництва та ємності ринку органічної продукції в Україні, у 2002—2016 рр. [4]

Показник	2002	2006	2010	2011	2012	2014	2015	2016	2017	2017 до 2002, %
Кількість підприємств, од.	31	80	142	155	164	182	210	390	571	1842
Площа, тис. га	164,4	242,0	270,2	270,3	270,3	400,8	410	421	421,5	256,3
Середній розмір підприємства, га	5,3	3,03	1,9	1,74	1,66	2,2	1,96	1,96	1,26	23,8
Ємність ринку, млн євро	0,1	0,4	2,4	5,1	7,9	14,5	17,0	21,2	29,4	294

Аналізуючи наведені у табл. 1 дані, можна зробити висновок, що у 2017 р. в Україні нараховувалось 421,5 тис. га сертифікованих органічних земель (або 1% від загальної площі сільгоспугідь), що у 2,63 раза більше ніж у 2002 році. Це набагато менше, ніж у країнах ЄС (наприклад, в Австрії для органічного фермерства використовується 19,4% орних земель). Ще 91,6 тис. га складали площі земель з перехідним статусом. Крім того, в Україні сертифіковані 540 тис. га для збору дикоросів (гриби, ягоди тощо). За площею органічних земель лідирували Одеська область (102 тис. га), Херсонська (76 тис. га), Дніпропетровська (38 тис. га) і Житомирська (32 тис. га) область, а найбільша кількість виробників органічної продукції була в Одеській області [4].

Результати проведеного аналізу дають змогу зробити висновок, що більшість сільгоспвиробників органічної продукції використовують для цього невеликі площі органічних земель. Хоча на ринку органічної продукції присутні і потужні виробники. Так, найбільша площа органічних земель в 2018 р. оброблялась у компанії «Арніка» — 15,8 тис. га. У п'яти інших компаній, таких як «Галекс-Агро» (8,8 тис. га), «Агроєкологія» (7,5 тис. га), «Агроінвест-Натуральні продукти» (6,0 тис. га), «УкрБіоЛенд» (5,6 тис. га) площа органічних земель перевищувала 5 тис. га [5].

До ТОП-5 лідерів з виробництва в органічної продукції в Україні входили ТОВ «Органік Мілк» (ТМ «Organic Milk») і ТОВ «Старий Порицьк» (ТМ «Старопорицьке») — виробники молочної продукції, ТОВ «ЕтноПродукт» (ТМ «ЕтноПродукт») — м'ясо, молоко, зерно, ТОВ «Органік оригінал» (ТМ «Еко-род») — бакалія, «Галекс-Агро» — експортно-орієнтований виробник зерна.

Результати проведених досліджень свідчать, що на ринку органічної продукції в Україні у 2017 р. працював 571 оператор (у 18,42 раза більше ніж у 2002 р.), з яких 334 оператори були сільгоспвиробниками органічної продукції, а 237 операторів — переробники та трейдери. Аналіз темпів збільшення кількості операторів на вітчизняному ринку органічної продукції дають змогу стверджувати, що їх загальна кількість до кінця 2018 р. може зрости до 600. Для порівняння: у Туреччині в 2016 р. на 486 тис. га органічну продукцію виробляла 39,9 тис. підприємств, у Польщі — 581 тис. га та 22,3 тис. підприємств, у Чехії — 483 тис. га 4,12 тис. підприємств відповідно. Це свідчить про значні можливості України щодо розвитку виробництва органічної продукції [1; 5].

У загальній кількості вітчизняних операторів ринку органічної продукції лише 80 (14% від загальної кількості операторів) — переробники органічної сировини, з яких 55 — реалізують більше 400 найменувань власної продукції на внутрішньому ринку органічної продукції. Найбільш широко представлені органічні товари в категорії «бакалія» [4; 5].

Треба окремо відзначити, що споживачі роблять свідомий вибір на користь здорового органічного харчування, коли мова йде про дітей. Батьки надають перевагу продуктам, навіть якщо продукт преміальний і коштує дорого. Це привчає дитину з малих років харчуватися правильно. В той же час результати проведеного аналізу показали, що в першій половині 2018 р. зростання обсягів продажу органічної продукції основними торговельними

мережами України склало лише 5%. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що основним рушієм розвитку ринку органічної продукції в Україні є її затребуваність на ринках країн ЄС, де ринок органічної їжі за останнє десятиліття виріс в чотири рази, а ємність ринку органічних овочів (у 2017 р. вона склала близько 40 млн євро) щорічно зростає на 10—15%. Споживачі органічної їжі в країнах ЄС зараз витрачають вдвічі більше грошей, ніж 10 років тому, і ця тенденція, швидше за все, зберігатиметься. А враховуючи те, що у країнах ЄС обмежені земельні ресурси для органічного фермерства, вони змушені імпортувати органічні продукти з більш ніж 130 країн для того, щоб задовольнити постійно зростаючий попит споживачів [5].

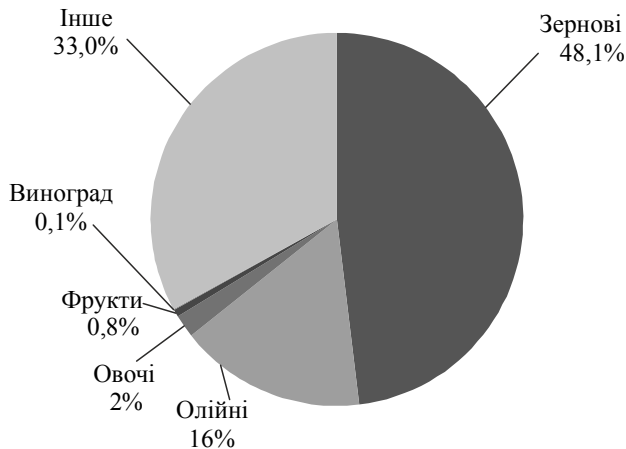


Рис. 1. Структура площ під органічними культурами в Україні у 2016 р. [5]

Із загальної площі 421,5 тис. га, сертифікованих в Україні як органічні, 48,1% були зайняті під вирощування зернових культур (рис. 1). При цьому перше місце з обсягів вирощування органічних культур займала пшениця — 92 тис. т, друге — кукурудза — 84 тис. т, третє — соя — 19 тис. т. Це забезпечило Україні сьоме місце серед країн-виробників органічних зернових. Понад 16% займають олійні культури (5 місце у світі); 4,6% — бобові (7 місце) [1; 5; 6].

Результати проведеного дослідження дають змогу зробити висновок, що близько 95% виробників органічних культур вирощують зернові та технічні культури, тому що їх простіше вирощувати. До того ж витрати на їх зберігання і транспортування менші.

Органічні овочі (2% від площ органічних угідь) — це окремий сегмент, який зростає постійно, а їх вирощування для дрібних фермерів обходиться трохи дорожче, ніж вирощування звичайних овочів, проте ціна реалізації набагато вища. Всього на сьогодні в Україні як органічні вирощуються 12 ключових овочевих культур. Це картопля, огірки, помідори, капуста, буряк, морква, цибуля, часник, перець, кабачки, баклажани і гарбузи. При цьому з 12 овочевих культур, що вирощуються як органічні, 9 мали зростання обсягів виробництва в період 2010 — 2016 рр. Площі під вирощування органічних овочів складають близько 8,4 тис. га, або 2% площ органічних угідь, у т.ч. під органічну картоплю — 1,2 тис. га [5; 6]

Якщо говорити про тепличне овочівництво, то в сегменті органічного виробництва тільки 7 господарств в Україні наважилися зробити з цього бізнес і зібрали близько 560 тис. т. тепличних овочів. Це дуже небагато, особливо порівняно з тим, що у 2017 р. Україна зібрала 8,7 млн т. овочів відкритого ґрунту, в тому числі помідорів — 2,26 млн т, капусти — 1,6 млн т, цибулі — майже 1 млн т [6].

Під фруктами було зайнято лише близько 1% площ органічних угідь.

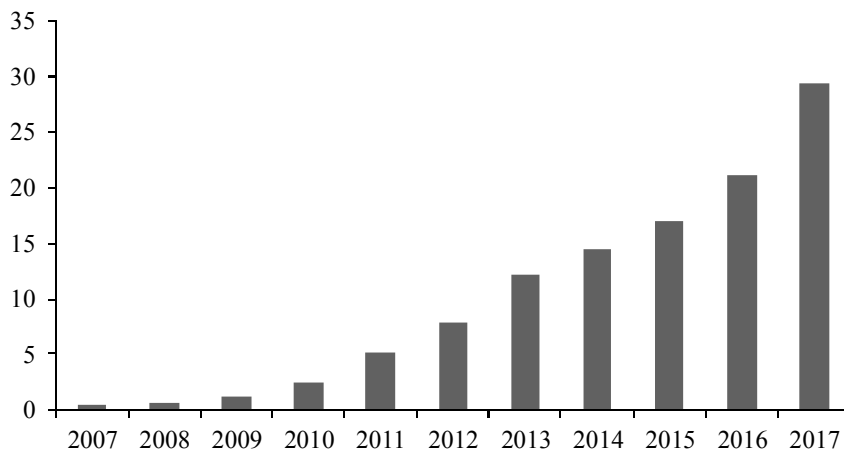


Рис. 2. Динаміка обсягів вітчизняного ринку органічних продуктів, млн євро [4; 5; 6]

Вітчизняний ринок органічної продукції істотно зростає як кількістю операторів ринку органічних продуктів, так і в грошовому еквіваленті. Результати проведених соціологічних досліджень свідчать, що 60% жителів українських мегаполісів хотіли б купувати органічні продукти. При цьому найбільш затребуваними можуть стати м'ясо (39%), молоко й молочна продукція (36%), овочі й фрукти (29%), а також макаронні й хлібобулочні вироби (16%) [5]. Нині органічні продукти для багатьох операторів української мережевої торгівлі поки що залишаються іміджевою позицією, а нечисленні підприємці змушені просувати таку продукцію через Інтернет. Проте результати аналізу свідчать про збільшення обсягів вітчизняного ринку органічних продуктів. Так, у 2007 р. обсяг внутрішнього ринку органічного продовольства становив близько 0,5 млн євро; а у 2017 р. — 29,4 млн євро, тобто збільшився у 58,8 раза (рис. 2). Однак ринок споживання органічного продовольства прив'язаний, в основному, до великих міст — Київ та Київська область, Харків, Одеса, Дніпро, Львів, де вищий рівень доходів населення. При цьому Київська область лідирує і за обсягами переробки органічної сировини, і за споживанням органічної продукції [4; 5; 6].

Проведене дослідження показало, що з часом розширився і асортимент вітчизняної органічної продукції. Так, першим органічним товаром на полицях українських магазинів у 2007 р. була гречка. А вже у 2008 р. працювало 14 органічних магазинів, які реалізували 2000 одиниць одного сертифікованого виду продукції, у 2009 р. 36 магазинів продали 12 тис. одиниць трьох

видів сертифікованих продуктів, а у 2014 р. — 2 000 магазинів пропонували понад 600 тисяч одиниць 21 виду сертифікованої продукції. Проте питома вага органічних продуктів на продовольчому ринку України становить не більше 0,1%. Результати досліджень свідчать, що попит на органічну продукцію в цілому по Україні наразі складає лише 5%, в містах — до 15% від загального обсягу продажу продовольчих продуктів [5]. Саме тому Україна експортує 90% загального обсягу органічної сировини і продукції, лише 10% реалізується на внутрішньому ринку. Українці споживають значно менше органічних продуктів, ніж мешканці країн ЄС. В Україні цей показник складає 3 євро в рік на душу населення, тоді як у світі — 11,1 євро, а у ЄС — 53,7 євро. За обсягом внутрішнього споживання органічних продуктів Україна займає 25-е місце в Європі: з гектара органічних угідь на внутрішній ринок потрапляє продукції на 50 євро, тоді як у Європі — на 2 345 євро. Ці показники вказують не лише на низький рівень купівельної спроможності населення, а й на те, що в нашій країні досі не сформовано належну філософію органічного виробництва та споживання, необхідну інфраструктуру, а також державну політику щодо підтримки їхнього розвитку [4; 5].

Результати проведеного дослідження дають змогу зробити висновок, що основними проблемами, які стримують розвиток виробництва органічної продукції в Україні, є: відсутність його підтримки та стимулювання з боку держави, нерозвиненість внутрішнього ринку, недостатня розвиненість інфраструктури ринку органічної продукції, наявність недобросовісних операторів на ринку, слабкий розвиток інтеграції з міжнародними структурами та обмежений доступ на зовнішні ринки органічної продукції, недостатня просвітницька робота, значний дефіцит висококваліфікованих агрономічних кадрів, що спеціалізуються на виробництві органічної продукції, відносно складна й тривала за часом процедура отримання відповідного сертифіката тощо [5]. Однак найбільш важливою проблемою для розвитку виробництва органічної продукції, на нашу думку, є відсутність компенсацій і дотацій у сфері агроєкології (це особливо важливо, тому що при переході до органічного землеробства перші 3—5 років урожайність, якщо порівняти з інтенсивним землеробством, падає).

Також значною проблемою для розвитку виробництва органічної продукції залишається обмеженість площ ґрунтів з високим бонітетом (показником родючості), які не знали агрохімії та на яких не використовувався дуже популярний, у свій час, інсектицид ДДТ, що має період розпаду близько 80 років та вимоги щодо наявності у ґрунті радіонуклідів. На сьогодні в Україні залишилось чотири основних регіони, де можливе вирощування екологічно чистої продукції на рівні найсуворіших світових стандартів: Північно-Полтавський, Вінницько-Прикарпатський, Південно-Подільський та Північно-східно-Луганський [8].

З наведених даних випливає, що формування системи виробництва органічної продукції має стати одним з пріоритетів для економіки України у середньостроковій перспективі. Країна може і повинна використати одну з своїх переваг у процесі міжнародної інтеграції — так званий «ефект затримки у розвитку», коли не потрібно повторювати увесь шлях спроб і помилок, що

пройшли інші країни. Тому недоліки вітчизняного АПК (недостатній рівень застосування мінеральних добрив, низька урожайність і пов'язаний з цим відносно низький винос з урожаєм поживних речовин з ґрунту тощо) можуть і повинні стати перевагами у виробництві органічної продукції [6].

Висновки

Аналізуючи вищевикладене, можна зробити такі висновки:

1. Виробництво органічної продукції є перспективним, а тому повинно стати пріоритетним видом діяльності для підприємств АПК, який допоможе їм отримати додаткові конкурентні переваги та збільшити доходи за рахунок скорочення експлуатаційних витрат на 1 га та можливості отримання преміальної ціни на ринку органічної продукції.

2. Розвиток виробництва органічних продуктів зможе забезпечити збільшення експортного потенціалу країни та вихід на ринок країн ЄС з новими продуктами за рахунок зниження бар'єрів виходу на ринок органічної продукції при її відповідності вимогам, регламентам і директивам країн-експортерів щодо якості та безпечності продукції.

3. Якість і великі партії для відвантаження органічної продукції на експорт можливо забезпечити шляхом об'єднання її виробників у спеціалізовані кооперативи й асоціації. Чим швидше українські виробники нішевих та органічних культур почнуть об'єднуватися і діяти разом, тим швидше вони отримають можливість впевненого доступу на світовий ринок органічної продукції.

4. Розвиток органічного сільського господарства допоможе розвитку малого і середнього агробізнесу, тому що зможе забезпечити отримання прибутку тим, хто займається виробництвом у невеликих обсягах.

5. Виробництво органічної продукції допоможе суттєво збільшити зайнятість на селі та вирішити нагальні соціальні проблеми. На сьогодні рівень безробіття на селі (за методологією МОП) перевищує відповідний рівень у містах. Це особливо важливо в умовах депресивного стану українських сіл і скорочення їх чисельності, кількість яких з 1995 р. зменшилась майже на 21%. Питома вага багатолюдних сіл (500 і більше жителів) також скоротилася — з 38—39% у 1990—1995 рр. до 32% у 2016 році.

6. Подальший швидкий розвиток органічного виробництва в Україні можливий лише за умови державної підтримки через фінансову підтримку, пільгове оподаткування, пільгові ціни на витратні ресурси і засоби виробництва, популяризацію органічної продукції серед виробників і споживачів, через підтримку створення інфраструктури ринку органічних продуктів тощо.

7. З метою полегшення реалізації органічної продукції на внутрішньому ринку доцільно доповнити Закон України «Про дитяче харчування» стосовно застосування сировини у виробництві не тільки із спеціальних сировинних зон, але й із сертифікованих, згідно з міжнародними нормами, зон і підприємств ведення органічного виробництва, що значно покращить можливості виробників дитячого харчування у забезпеченні підприємств сировиною потрібної якості та безпечності.

Література

1. International Federation of Organic Agriculture Movements URL: <https://www.ifoam.bio/>.
2. Закон України «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини» від 3.09. 2013 р. (з наступними змінами та доповненнями) URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/425-18>
3. Закон України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» (№ 5448-д) URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/425-18>
4. Офіційний веб-сайт Федерації органічного руху України URL: <http://www.organic.com.ua>.
5. 5 фактів про органічне землеробство в Україні URL: <https://agroreview.com/news/5-faktiv-pro-orhanichne-zemlerobstvo-v-ukrayini>
6. Статистичний збірник «Рослинництво України» URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
7. Аналіз ринку органічної продукції в Україні. URL: <https://agropolit.com/spetsproyekty/407-analiz-rinku-organichnoyi-produktsiyi-v-ukrayini>
8. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві / за ред. М.К. Шикули. К.: Оранта, 1998. 680 с.

CONCEPTUAL APPROACH TO TALENT MANAGEMENT AT FOOD ENTERPRISES

O. Dragan

National University of Food Technologies

Key words:

Talent management
BCG matrix
Coaching
Headhunting,
Development
Enterprise
Food industry

Article history:

Received 12.03.2019
Received in revised form
01.04.2019
Accepted 19.04.2019

Corresponding author:

O. Dragan

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The approach to management talents with the aim of its adaptation to the enterprises of food industry is described in the article. The modern enterprises of food industry substantially differ from the level of technical equipment, use of the newest technologies and personnel qualification. In addition, at the terms of severe competition the requirement grows exactly in workers who are high-performanced, gifted, have unique abilities, knowledge and skills in the sphere of innovative processes of food production. Introduction of conception of talents' management at the enterprises of food industry is actual.

Basic component of talents' management are investigated: estimation, coaching, tutorship, succession planning. The approaches for providing the administrative positions of talented employees are analyzed. The offers to adapt the matrix of Boston consulting group (BCG) in relation to the division into the groups of talented workers of the enterprise in obedience to criteria of "Innovative potential of worker" — Efficiency of staff deployment" have been suggested. For every group of talented workers events were determined in relation to further existence in the company with the aim of increase of the staff deployment efficiency. For the "Difficult children" — events of adaptation were determined: tutorship, internship, career planning, co-working, and crowd staffing. For "Stars" — events of development were determined: exclusive recruiting, career coaching, psychological teambuilding, participating in branch competitions, grants, personnel certification, rotary press. For the "Milch cows" — events of support were determined: corporate university, labour engineering, AKADS technology, rotary press. For "Dogs" — events of personal quittance were determined: downsizing, reengineering, outplacement. For defending of own talents of enterprise it is offered to apply the events of antiheadhunting technology.

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ТАЛАНТАМИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ГАЛУЗІ

О.І. Драган

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено концептуальний підхід до управління талантами з метою його адаптації до підприємств харчової галузі. Сучасні підприємства харчової галузі суттєво відрізняються за рівнем технічного оснащення, використанням новітніх технологій і кваліфікацією персоналу. Крім того, за умов жорсткої конкуренції зростає потреба саме в працівниках, які є високопродуктивними, обдарованими, мають унікальні вміння, знання та навички у сфері інноваційних процесів харчових виробництв. Запровадження концепції управління талантами на підприємствах харчової галузі є актуальним.

Досліджено основні складові управління талантами: оцінка, коучінг, наставництво, планування спадкоємності. Проаналізовані підходи для забезпечення управлінських посад талановитими співробітниками. Запропоновано адаптувати матрицю Бостонської консалтингової групи (БКГ) стосовно поділу за групами талановитих працівників підприємства згідно з критеріями «Інноваційний потенціал працівника — ефективність використання персоналу». Для кожної групи талановитих працівників визначено заходи щодо подальшого існування в компанії з метою підвищення ефективності використання персоналу. Для «Важких дітей» — заходи адаптації: наставництво, стажування, планування кар'єри, коворкінг, краудстафінг. Для «Зірок» — заходи розвитку: ексклюзивний рекрутинг, кар'єрний коучінг, ауфтрагстактика, психологічний тимбілдинг, участь у галузевих конкурсах, грантах, сертифікація персоналу, ротація. Для «Дійних корів» — заходи підтримки: корпоративний університет, інжиніринг праці, технологія AKADS, ротація. Для «Собак» — заходи вивільнення персоналу: даунсайзинг, реінжиніринг, аутплейсмент. Для захисту власних талантів підприємства запропоновано застосовувати заходи технології антихедхантінгу.

Ключові слова: *управління талантами, матриця БКГ, коучінг, хедхантінг, розвиток, підприємство, харчова галузь.*

Постановка проблеми. Динамічність інтерактивного середовища й економічних процесів, їх швидка мінливість вимагає внесення коректив у методи і прийоми діяльності, в технології управління персоналом. Сучасність ставить перед управлінням персоналом нові завдання, пов'язані з виробленням нових управлінських стратегій для підвищення ефективності діяльності. Чим успішніша компанія, тим більш вона відкрита для інновацій, створює робочі місця, платить податки, стійка економічно. Коли ці компанії породжують вмілих керівників, виходить ефективний бізнес-цикл. Водночас високоспеціалізованих кадрів все ж не вистачає. Особливо це відчувається у функціонуванні великих компаній харчової галузі, де постійно впроваджуються новітні технології, інноваційні проекти. Персонал, що займається

інноваційною діяльністю харчових виробництв, сьогодні користується високим попитом не тільки в Україні, але й за кордоном. Одним із напрямків утримання інноваційного персоналу компаній є запровадження концепції управління талантами у діяльність підприємств харчової галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням управління талантами присвячено праці таких зарубіжних та вітчизняних авторів, як Е. Майклз [1], М. Ефрон [2], Дж. Бурдо [3], Н. Осовицька [4], О. Гавриш [5], Р. Винничук [6], Н. Кузнецова [7], В. Пікалов [8], О. Продіус [9] і багатьох інших, що свідчить про активні дослідження в цій сфері та необхідність подальших наукових розробок задля розширення її аналітичної бази та методичного інструментарію.

Метою статті є обґрунтування концепції управління талантами на підприємствах харчової галузі за допомогою матричного методу.

Викладення основних результатів дослідження. Підприємства харчової галузі для підвищення ефективності бізнес процесів та здобуття конкурентних переваг на ринку зайняти постійним пошуком нових управлінських методів і підходів. Водночас впровадження інновацій неможливе без участі талановитих працівників, що займаються інноваційною діяльністю, творчістю, креативністю. Адже саме вони забезпечують підвищення ефективності бізнесу. Сучасні підприємства харчової галузі суттєво відрізняються за рівнем технічного оснащення, використанням новітніх технологій і кваліфікацією персоналу. Крім того, за умов жорсткої конкуренції зростає потреба саме в працівниках, які є високопродуктивними, обдарованими, мають унікальні вміння, знання та навички у сфері інновацій харчових виробництв. Тому актуальність запровадження концепції управління талантами на підприємствах харчової галузі є безперечною.

Управління талантами (талант-менеджмент) — це залучення високо-ефективних співробітників та їх утримання в компанії [1, с. 21].

Таланти — це співробітники, які володіють здібностями, знаннями, кваліфікацією. Це не обов'язково майбутні керівники — люди, що володіють управлінським потенціалом, але також експерти з унікальним досвідом, знаннями, які дають змогу їм вносити істотний внесок у діяльність підприємства для підвищення її ефективності [2, с.13].

Таланти створюють додаткову вартість і конкурентну перевагу, мають більш високу продуктивність, створюють унікальні продукти, впроваджують прогресивні технології. Залучення талантів — це підтримка інтелектуального розвитку компанії з метою створення об'єктів інтелектуальної власності як збільшення нематеріальних активів.

У сучасному високонкурентному середовищі відбувається «війна за таланти».

Основні складові управління талантами [2, с.115]:

1. *Оцінка талантів*, яка передбачає застосування різноманітності методів. У науково-практичній роботі напрацьовано великий масив методів оцінки талановитих працівників: описовий (позитивні і негативні риси), класифікації (ранжування), моделювання ситуацій, анкетування, тестування, інтерв'ю, порівняння (з іншими співробітниками), «360 градусів» (погляд з різних сторін,

комітетів (група експертів), незалежних судів, «центр оцінки», ділових ігор (імітація подій), управління за цілями (ціль + результат досягнення), управління досягненнями (показники ефективності «Key Performance Indicators» — KPI), стандартних оцінок (думка керівника), вирішальних ситуацій (список типового розв'язання), рейтингових поведінкових установок (ділові і особисті характеристики) тощо.

2. *Коучінг* — це технологія індивідуального розвитку працівників на підставі взаємодії, процес передачі знань, умінь від більш досвідченого і компетентного працівника менш досвідченому методом співбесіди, консультацій, порад і вирішення ускладнюючих завдань, спрямована на більш ефективне виконання поставлених завдань [10]. Водночас коучінг для талановитих працівників має проводитись висококомпетентними працівниками, які, у свою чергу, також є талантами. Коучінг багато в чому залежить від самого працівника, і розроблений він спеціально для підвищення ефективності, що має забезпечити досягнення низки намічених цілей. Зазвичай, коучінг здійснюється протягом певного періоду часу, і проводити його може як фахівець — працівник компанії, так і найнятий ззовні. Результатом коучінгу для талановитих співробітників є поглиблення знань і сприяння особистому самовдосконаленню, розвитку творчості і креативності у вирішенні складних завдань.

Для управління талантами більш підходить інтелектуальний коучінг, який робить наголос на інтелектуальний розвиток людини з формуванням індивідуального інтелектуального капіталу. В основі інтелектуального коучінгу знаходиться рефлексія, тобто вміння людини поглянути на себе з боку, відстежити і піддати аналізу свій світогляд, соціально-психологічний стан, вчинки, поведінку в цілому. Інтелектуальний коучінг є більшою мірою самокоучінгом для надання інструментів особистісного саморозвитку.

Згідно з результатами досліджень в американських компаніях на кінець року після проведення тільки тренінгу продуктивність персоналу збільшується на 22,4%, а проведеного разом з елементами коучінгу — на 88%. Тож коучінг не тільки підвищує ефективність тренінгу як методу навчання, але й сприяє успішному перенесенню в робоче середовище результатів навчання [10].

3. *Наставництво* — це рішення конкретної проблеми через обмін досвідом, коли всередині компанії є співробітники, компетентні у вирішенні тих чи інших питань, та існує потреба у передачі вже накопиченого досвіду від більш досвідчених до менш досвідчених співробітників. Водночас наставництво — це метод навчання для нових співробітників із великим потенціалом професійного росту. Наставництво — мистецтво ділитися всіма знаннями, навичками, що знаєш.

При управлінні талантами зосередження відбувається на молодих співробітниках, яким від 20 до 30 років. Це покоління назвали «поколінням Y», або цифровим поколінням, яке добре володіє комп'ютерними технологіями. «Покоління Y» прагне одержати робочі місця або вакантні посади, які передбачають творчість, відповідальність, креативність, нестандартний підхід, де кар'єрне зростання і навчання є пріоритетними. Тому для них коучінг і

наставництво — необхідні елементи для подальшого розвитку та здобуття знань.

4. *Планування спадкоємності*. Потрібно зберегти накопичений безцінний досвід талантів і передати його наступникам. Зараз, у зв'язку зі зміною загальної організаційної парадигми (компанії у всьому світі переходять від жорсткої ієрархічної моделі до гнучких мереж команд), планування спадкоємності передбачає принципово інший процес, пов'язаний з розвитком зовсім інших якостей і навичок, таких як співпраця, коучінг, тимбілдинг. Талановитий працівник може ефективно розвиватися тільки у сприятливому середовищі, де є довіра, розуміння, колектив працює як команда однодумців.

Керівники підприємств, які повірили в ефект тимбілдингу, домоглися необхідного результату, а саме: перетворили конкурентів у партнерів; змусили їх довіряти один одному; згуртували колектив; владнали конфлікти; гармонійно впровадили нових працівників у наявний колектив; підвищили загальну працездатність; забезпечили творчість і креативність виконання завдань.

Для забезпечення управлінських посад талановитими співробітниками існує два підходи [11, с. 25]:

- 1) залучення успішних фахівців з інших компаній-конкурентів;
- 2) «виращування» власних талантів всередині організації.

Ці підходи вимагають інвестицій і мають як переваги, так і недоліки. Залучений талант, як правило, дорого обходиться, але не треба витрачати кошти на його розвиток. Водночас лояльність залученого таланту залишається під питанням. Завжди може знайтися той, хто заплатить більше. Досить часто трапляються випадки застосування конкурентами залученого таланту для промислового шпигунства.

Другий варіант — «виращування» власних талантів, є більш тривалим за часом, вимагає системного, довгострокового навчання, мотивації і розвитку персоналу.

Пропонуємо застосувати матрицю БКГ стосовно концепції управління талантами підприємства за критеріями «Інноваційний потенціал працівника — ефективність використання персоналу» (рис. 1). У науковій літературі існує безліч напрацьованих методів оцінки інноваційного потенціалу працівника та визначення показників ефективності використання персоналу.

Традиційно матриця БКГ складається з таких груп: «Зірки», «Дійні корови», «Собаки» та «Важкі діти». Опишемо талановитих співробітників, поділивши на групи матриці БКГ.

«Дійні корови» — це група, до якої відносяться талановиті працівники із глибокою професійною експертизою, що ціняться на ринку праці завдяки своєму досвіду. Такі працівники відповідають за життєво важливі для підприємства бізнес-процеси. Працівники цієї групи, зазвичай, є керівниками підрозділів, менеджерами або ж старшими фахівцями, які передають свій досвід. Для підтримки цих працівників керівництво повинно постійно підвищувати мотивацію їх праці з встановленням цікавих завдань з елементами творчості і креативності. Водночас ці працівники повинні проводити майстер-класи для молодих співробітників і, у свою чергу, нести за них відповідальність.

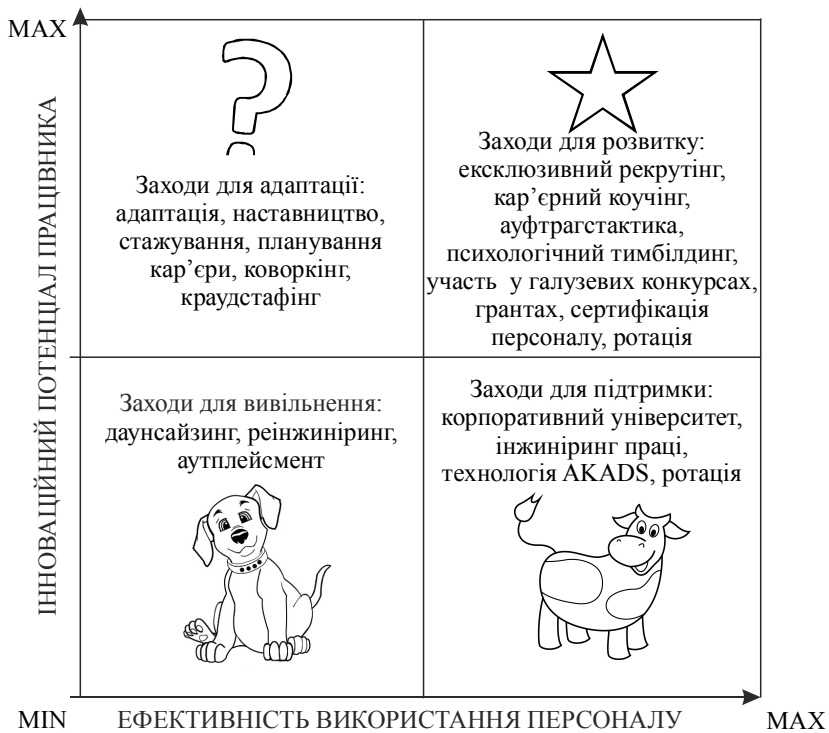


Рис. 1. Матриця розподілу талановитих працівників підприємства

«Зірки» — це група, до якої відноситься перспективна талановита молодь, — керівники, фахівці майбутнього, працівники, які мають невеликий досвід але накопичують великі амбіції та займають провідні посади підприємства. Така група фахівців є авангардом і займається інноваційною діяльністю, сприяє соціально-економічному розвитку підприємства. Тому цій групі персоналу особливо важливо надавати всі умови для професійного творчого розвитку та утримувати в середині компанії. Ця група вимагає постійної уваги щодо протидії хедхантінгу з боку конкурентів. Втрата хоч однієї «зірки» може призвести до серйозних фінансових збитків та інших негативних наслідків. Водночас потрібно звертати увагу на те, що «Зірки» — це високопродуктивні працівники, які працюють ненормований робочий день з високою самовіддачею, натхненням, без відпочинку, що з часом може прискорити процес емоційного «вигорання» та проявити себе у вигляді професійного стресу.

«Собаки» — це група невизначених у своєму кар'єрному майбутньому працівників, які не використали свій інноваційний потенціал, не показали протягом всієї роботи високих результатів своєї діяльності. Цих працівників все влаштовує, вони не прагнуть добиватися чогось кращого і більшого, можуть бути конфліктними і створювати негативні стресові ситуації для інших працівників. Крім того, вони не знають, чи хочуть вони продовжувати працювати на підприємстві, чи ні. Як правило, керівництво з часом приймає рішення про звільнення цих працівників або застосування на незначних посадах.

«Важкі діти» — це група талановитих працівників, яких необхідно навчати, розвивати та адаптувати під умови діяльності підприємства. Водночас ці працівники мають великий нереалізований інноваційний потенціал. З часом у перспективі вони можуть стати «зірками», але для цього необхідно їх підтримати, забезпечити, спрямувати на досягнення цілей. Ключову роль у цій підтримці надається працівникам із групи «Дійні корови». Саме вони, поділившись своїм досвідом, стають індивідуальними наставниками для молодих талановитих працівників.

Водночас група талановитих працівників «Важкі діти» має прихований ризик для підприємства, адже якщо керівництво не в змозі їм приділити час і ресурси для розвитку, то вони можуть перейти до конкурентів зі своїми ідеями та розробками.

На нашу думку, для ефективного використання персоналу підприємства згідно з матрицею «Зірки» + «Дійні корови» повинні охоплювати до 70% талановитих працівників, до 25% — «Важкі діти», до 5% — «Собаки».

Для кожної групи талановитих працівників потрібно впроваджувати заходи, які б сприяли професійному розвитку, підтримці самовпевненості та значущості для підприємства

Для «Важких дітей» актуальними є такі заходи для адаптації:

- *адаптація* — це взаємне пристосування працівника й нових виробничих, професійних, соціальних і організаційно-економічних умов організації, що ґрунтується на поступовій співпраці;

- *наставництво* — це відносини, в яких більш досвідчений працівник допомагає менш досвідченому засвоїти певні компетенції, практичні навички, прийоми, швидше освоїти нові знання;

- *стажування* — це набуття особою практичного досвіду виконання завдань і обов'язків на робочому місці підприємства, до початку самостійної роботи під безпосереднім керівництвом досвідченого фахівця;

- *планування кар'єри* — це визначення цілей розвитку працівника і шляхи їх реалізації (набуття бажаної посади кваліфікації через професійне навчання, стажування, підвищення кваліфікації, досвід);

- *коворкінг* — система розроблення і тестування нових інноваційних ідей на підставі змагання, творчості, при якій співробітники організації ділять приміщення з робітниками іншої організації;

- *краудстафінг* — технологія, яка передбачає прийом на роботу лояльних брендів клієнтів, часто пропонуючи натомість їх трудових послуг статус «особливого споживача», який має можливість тестувати нові продукти бренду, брати участь в анкетуваннях, дослідженнях тощо.

Для «Зірок» актуальними є такі заходи для розвитку:

- *ексклюзивний рекрутинг* — пошук і підбір висококваліфікованих професіоналів, спеціалістів на платній основі;

- *кар'єрний коучінг* — це сучасний вид консультування з бізнес-питань, що передбачає тісне спілкування, довіру між клієнтом і коучем, в ході якого виробляється чіткий план дій з конкретними термінами та поставленими завданнями;

- *ауфтрагстактика* — «тактика доручень», яка передбачає постановку завдання керівником підлеглому з точним описом критеріїв його досягнення, залишаючи за ним самостійний вибір способів, методів досягнення з огляду на обставини;

- *психологічний тимбілдинг* передбачає виявлення лідера, розвиток комунікативних навичок всіх співробітників і налагодження позитивної атмосфери в колективі;

- *участь у галузевих конкурсах, грантах* — найкращі працівники є учасниками і переможцями конкурсів, що сприяє підвищенню їх власної конкурентоспроможності;

- *сертифікація персоналу* — підтвердження високого рівня кваліфікації персоналу за відповідними нормативно-документальними процедурами стандартів, що сприяє підвищенню професійної майстерності і досвіду;

- *ротація* — це переміщення працівників з певними професійно-кваліфікаційними здібностями через певний термін на інші посади, що забезпечує регулярну змінюваність персоналу відповідно до принципу «знайти потрібному працівникові потрібну посаду».

Для «дійних корів» актуальними є заходи для підтримки їх значущості:

- *корпоративний університет* — це створення віртуальної школи для системної підготовки та розвитку талановитих працівників, яка представляє доступ до унікальної бази знань (аудіо- і електронні книги, вебіари і онлайн-конференції, курси і тести) та надає широкі можливості командної взаємодії в режимі реального часу;

- *інжиніринг праці* передбачає дослідження виробничих процесів та удосконалення інструментів організації і нормування праці, які разом з встановленням об'єктивних показників й адекватної винагороди здатні кардинально покращити ситуацію з продуктивністю праці;

- *технологія AKADS* («А» — актуальність, «К» — знання, «А» — аналіз, «D» — робити, «S» — стабільність), яка, зважаючи на етап життєвого циклу бізнесу і викликів ринку, спрямована на розвиток корпоративної культури в організації на вищезазначених принципах.

Для «Собак» актуальними є заходи вивільнення персоналу:

- *даунсайзинг* — це комплекс заходів, який реалізовується керівництвом підприємства з метою підвищення організаційної ефективності, продуктивності, що припускає скорочення витрат виробництва, ліквідацію робочих місць, зменшення кількості рівнів управлінської ієрархії або зміну системи організації виробництва;

- *реінжиніринг* — фундаментальне переосмислення і радикальне перепроектування бізнес-процесів для досягнення істотних покращень в таких ключових для сучасного бізнесу показниках результативності, як витрати, якість, рівень обслуговування і оперативність на підставі інформаційних технологій;

- *аутплейсмент* — це форма розірвання трудових відносин між підприємством і працівниками, що передбачає залучення спеціалізованих організацій з метою надання працівникам, які підпадають під скорочення, консультацій з працевлаштування за рахунок колишнього роботодавця.

Для залучення таланту зі сторони використовується технологія «хедхантінгу» — це активний пошук кандидатів у компаніях з профілю замовника серед тих, хто вже довів, що є талановитим співробітником й успішним у бізнесі. Насамперед хедхантер аналізує ринок і складає лонг-лист — список організацій, в яких може бути знайдений відповідний кандидат. Коли коло потенційних кандидатів визначено, обраним робиться пропозиція про подальше зростання — зміна місця роботи (вакансія). Переговори можуть вестися від півтора до шести місяців з декількома кандидатурами, що точно відповідають запитам клієнта. Імовірність вдалого підбору за такої технології дуже висока.

Для захисту власних талантів підприємства повинні застосовувати заходи антихедхантінгу.

Антихедхантінг — система дій, план з мінімізації зусиль конкурентів щодо переманювання та залучення найкращих і талановитих співробітників і фахівців компанії [12]. Антихедхантінговий план повинен включати такі заходи: виявлення потенційних вербувальників; знання їх методів вербування; виявлення співробітників-мішеней; блокування доступу вербувальників до співробітників за всіма каналами; контроль за співробітниками на конференціях, ділових заходах, у соціальних мережах; контроль за електронною поштою, звичайною поштою, відвідуванням сайтів; контроль контактів з можливими роботодавцями; мінімізація збитків від звільнення цінного співробітника; превентивні стратегії запобігання переманювання в майбутньому; використання методів хедхантерів проти своїх конкурентів.

Висновки

Управління талантами — новий підхід до розвитку персоналу організації, який вимагає застосування технологій ефективної мотивації, стимулювання, коучінгу, наставництва, тимбілдингу, антихедхантінгу з метою отримання віддачі у вигляді підвищення продуктивності, результативності, ефективності. Запропонований методичний підхід на підставі матриці БКГ для груп талановитих працівників з метою впровадження заходів їхніх адаптації, розвитку та підтримки на підприємствах харчової галузі.

Література

1. Майклз Э., Хендфилд-Джонс Х., Экселрод Э. Война за таланты [пер. с англ. Ю.Е. Корнилович] 5-е изд. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2012. 280 с.
2. Эфрон М., Орт М. Краткий курс по управлению талантом: отказ от сложностей в пользу ценностей [пер. з англ. Т.Ю. Данилова]. Москва: Азбука, 2014. 320 с.
3. Будро Дж. Обновленный HR. Актуальные техники эффективного использования талантов в бизнесе [пер. с англ. И.С. Матвеевой]. Москва: Азбука Бизнес, Азбука-Аттикус, 2014. 288 с.
4. Осовицкая Н. HR-брендинг. Управление талантами, онлайн-обучение, геймификация и еще 15 эффективных практик. Санкт-Петербург: Изд-во «Питер», 2014. 240 с.
5. Гавриш О.А., Довгань Л.С., Крейдич І.М., Семенченко Н.В. Технології управління персоналом: монографія у К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». 2017. 538 с.
6. Винничук Р.О., Худоба Н.В. Особливості управління талантами в Україні в умовах інтелектуалізації економіки. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. Серія «Економічні науки». 2015. Вип. 11. Ч. 2. С. 68—71.

7. Кузнецова Н.Б. Концепція управління талантами в системі менеджменту знань. Соціально-трудові відносини: теорія та практика: зб. наук. праць. К.: Інститут соціально-трудових відносин КНЕУ. 2014. № 2(8). С. 181—187.
8. Пікалов В.Л. Щодо проблем управління талановитими працівниками суб'єктів господарської діяльності. Академічний огляд. 2014. № 1(40). С. 116—120.
9. Продіус О.І., Журавель А.І., Сігор М.О. Талант-менеджмент як невід'ємна складова успіху організації. *Економіка: реалії часу*. 2013. № 1(6). С. 172—177.
10. Павлов В.І., Кушнірук О.Ю. Коучінг та наставництво у підприємницькій діяльності України/ URL: http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/13919/1/41_276-280_Vis_-727_Menegment.pdf
11. Булгакова Ю. Думайте сьогодні о завтра. Управление персоналом — Украина. 2014. № 11—12(254—255). С. 24—25.
12. Антихедхантинг: как противостоять переманиванию сотрудников. Эффективный подбор персонала. URL: <http://professional.ru/Soobschestva/rekruting/antixedxanting>
13. Перспективи розвитку HR-технологій. URL: <http://innovations.com.ua/ua/articles/-13922/temp>. Назва з екрану.
14. Иванова С. 50 советов по рекрутингу. М.: Изд-во «Альпина Паблишер», 2012. 256 с.
15. Дмитренко Д. Управление по ауфтрагстактике. Управление персоналом — Украина. 2012. № 3. С. 47.

METHODIC APPROACH TO THE SELECTION OF PRICE STRATEGY AT ENTERPRISES OF THE MEAT PROCESSING INDUSTRY

A. Berher

National University of Food Technologies

Key words:

Price strategy

Matrix

Enterprise

Meat processing industry

Article history:

Received 14.03.2019

Received in revised form

26.03.2019

Accepted 10.04.2019

Corresponding author:

A. Berher

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

Price competition among the domestic enterprises of meat processing industry requires the permanent concentrating of attention on the increase of price policy efficiency. At the production of meat goods, many factors are influenced on the process of pricing that can have different consequences for forming final general results of activity and ground of strategic administrative decisions. Taking into account the modern terms of enterprises' activity of meat processing industry (high level of price competition, wide assortment of products over 100 names, presence of high level of enterprises' unprofitableness) the matrix is worked out "Efficiency of the enterprise's activity — the Integral index of efficiency of price policy" with the help of which the further actions of enterprise are determined in relation to the improvement of price policy. The methodical approach to the selection of price strategy of the enterprise of meat processing industry on the basis of location in the square of the above-mentioned matrix for providing stable economic development of the enterprise. Approbation of methodical approach is carried out on actual data of 2017 at five meat-processing plants.

Widespread price strategies that are used by the enterprises of meat processing industry in modern operating of market conditions are analyzed by such criteria: characteristic features, providing competitive conditions, condition of strategy application. The main price strategies are actual for application in accordance with the existent position of enterprise in the matrix are determined. The result of this methodical approach is paying attention of enterprise's guidance to the serious "hidden" problems in the questions of price policy, electing of effective price strategy with influence on general strategy of development and general economic indicators of activity.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОБРАННЯ ЦІНОВОЇ СТРАТЕГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ М'ЯСОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

А.Д. Бергер

Національний університет харчових технологій

При виробництві м'ясної продукції на процес ціноутворення впливає безліч чинників, що може мати різні наслідки для формування загальних результатів діяльності й обґрунтування стратегічних управлінських рішень. Цінова конкуренція серед вітчизняних підприємств м'ясопереробної галузі вимагає постійного зосередження уваги на підвищенні ефективності цінової політики. З огляду на сучасні умови діяльності підприємств м'ясопереробної галузі: (високий рівень цінової конкуренції, широкий асортимент продукції понад 100 найменувань, наявність високого рівня збитковості підприємств) розроблено матрицю «Ефективність діяльності підприємства — інтегральний показник ефективності цінової політики», за допомогою якої визначаються подальші дії підприємства щодо удосконалення цінової політики.

Запропоновано методичний підхід до обрання цінової стратегії підприємства м'ясопереробної галузі на підставі розташування у квадраті вищезазначеної матриці для забезпечення стабільного економічного розвитку підприємства. Апробацію методичного підходу здійснено за фактичними даними 2017 року п'яти м'ясокомбінатів. Проаналізовано поширені цінові стратегії, які використовуються підприємствами м'ясопереробної галузі у сучасних умовах функціонування ринку, за критеріями: характерні особливості, забезпечення конкурентних переваг, умов застосування стратегії. Визначено, які саме цінові стратегії є актуальними для застосування залежно від існуючого положення підприємства у матриці. Результатом запропонованого методичного підходу є привертання уваги керівництва підприємства до серйозних «прихованих» проблем у питаннях цінової політики, обрання ефективної цінової стратегії з впливом на загальну стратегію розвитку і загальні економічні показники діяльності.

Ключові слова: *цінова стратегія, матриця, підприємство, м'ясопереробна галузь.*

Постановка проблеми. Підписання угоди про асоціацію між Україною та Євросоюзом і відкриття зони вільної торгівлі сприяє посиленню конкуренції на ринку м'ясної продукції та вимагає від підприємств виконання нових завдань, пов'язаних із забезпеченням технічної модернізації виробництва, диверсифікації й освоєння нових видів продукції, впровадження міжнародних стандартів якості.

В Україні платоспроможність населення залишається на низькому рівні, тому найбільш ефективним методом конкуренції є цінова конкуренція. Для підвищення конкурентоспроможності продукції як на внутрішньому ринку України, так і в зоні вільної торгівлі з Євросоюзом, є тільки одна можливість —

це скорочення витрат, зниження цін і покращення якості продукції, активізація інноваційної діяльності, а саме: впровадження новітніх технологій, збереження та підвищення енергетичної цінності харчової продукції. Питання ефективності обраної цінової стратегії, яка застосовується підприємством, залишається актуальним для м'ясопереробної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми методології та практики цінової політики підприємств досліджуються у працях таких вчених, як Н. Калінчик [1], О. Саєнко [1], Л. Козак [2], А. Кінессі [3], Б. Буйсон [3], Р. Мак Кінзі [3], О. Мазуренко [4], Р. Мухамед [5], Т. Найгел [6], О. Драган [7], Д. Фуртвенглер [8], Т. Сміт [9] та інших. Віддаючи належне науковим напрацюванням з цієї проблематики, слід зауважити, що дослідження вибору цінової стратегії підприємства є безперервним процесом, особливо в висококонкурентному середовищі. Тому актуальним є розроблення пропозицій щодо обрання цінової стратегії підприємств м'ясопереробної галузі для подальшого їх економічного розвитку.

Узагальнення наукових здобутків свідчить про актуальність питання обрання цінової стратегії підприємства. Водночас залишаються недостатньо дослідженим методичний підхід до вибору цінової стратегії підприємства з метою виявлення слабких місць і пошуку резервів удосконалення цінової політики на перспективу.

Мета статті полягає у розробці методичного підходу до вибору цінової стратегії підприємства м'ясопереробної галузі на підставі побудови матриці «Ефективність діяльності підприємства — інтегральний показник ефективності цінової політики», яка характеризує стан цінової політики у взаємозв'язку із загальними економічними результатами підприємства.

Викладення основних результатів дослідження. Загальні чинники впливу на процеси ціноутворення підприємств м'ясопереробної галузі: соціальний характер продукції; платоспроможність населення; відсутність належного державного контролю за цінами; рівень закупівельних цін на сировину і матеріальні ресурси; інтенсивність цінової конкуренції на м'ясопродукти на світовому та національному ринках, інновації, що призводять до зниження витрат на виробництво і реалізацію продукції тощо.

Водночас, на нашу думку, при оцінці ефективності цінової політики підприємств м'ясопереробної галузі треба аналізувати не тільки показники економічної ефективності (рентабельність продукції, рентабельність діяльності, рентабельність продаж), а й такі показники, як регіональний рівень закупівельних цін на сировину, регіональний рівень середніх цін на продукцію, рівень оплати праці працівників, рівень технічного стану підприємства, рівень забезпечення комплексного перероблення сировини тощо. Ці показники використані при розрахунку інтегрального показника ефективності цінової політики підприємств м'ясопереробної галузі [7, с. 176—180]. Аналіз фінансової звітності підприємств м'ясопереробної галузі за 2000—2017 рр. свідчить, що при позитивній динаміці зростання рентабельності продукції за цей період майже 40% підприємств залишаються збитковими з від'ємною рентабельністю діяльності. Тому автором запропоновано побудова матриці

«Ефективність діяльності підприємства — інтегральний показник ефективності цінової політики» (рис. 1).



Рис. 1. Матриця «Ефективність діяльності підприємства — інтегральний показник ефективності цінової політики»

За допомогою цієї матриці залежно від квадрата (I, II, III, IV) розташування обирається потенціал для подальшої цінової політики та економічної діяльності підприємства:

- квадрат I — низький інтегральний показник ефективності цінової політики ≤ 1 та ефективність діяльності підприємства > 0 свідчить, що керівництву підприємства потрібно приділити увагу удосконаленню існуючої цінової політики за рахунок ретельного вивчення слабких місць, пошуку резервів покращення методів ціноутворення на продукцію, підсилення роботи відділу маркетингу новими фахівцями з питань ціноутворення;

- квадрат II — високий інтегральний показник ефективності цінової політики ≥ 1 та ефективність діяльності підприємства > 0 свідчить, що підприємство підтримує високий рівень економічної ефективності діяльності за рахунок впровадження заходів щодо зниження витрат на виробництво і реалізацію продукції та нових методик удосконалення ціноутворення на продукцію, у тому числі, і на нову продукцію. Потребує заходів щодо підтримання високого рівня ефективності політики за рахунок забезпечення цінового контролю;

- квадрат III — високий інтегральний показники ефективності цінової політики ≥ 1 та ефективності діяльності (збиткової) ≤ 0 свідчить про неефективний загальний менеджмент та необхідність внесення організаційно-управлінських змін для покращення економічної ситуації на підприємстві. Для власників підприємства — це сигнал для контролю за роботою керівництва та проведення управлінського аудиту всієї діяльності підприємства з метою виявлення причин збитковості;

- квадрат IV — низький інтегральний показник ефективності цінової політики ≤ 1 та ефективності діяльності (збиткової) ≤ 0 свідчить про прийняття

управлінських рішень і заходів з антикризового менеджменту для запобігання загрози банкрутства підприємства.

Побудуємо матрицю за фактичними даними 2017 р. п'яти підприємств-м'ясокомбінатів (рис. 2).

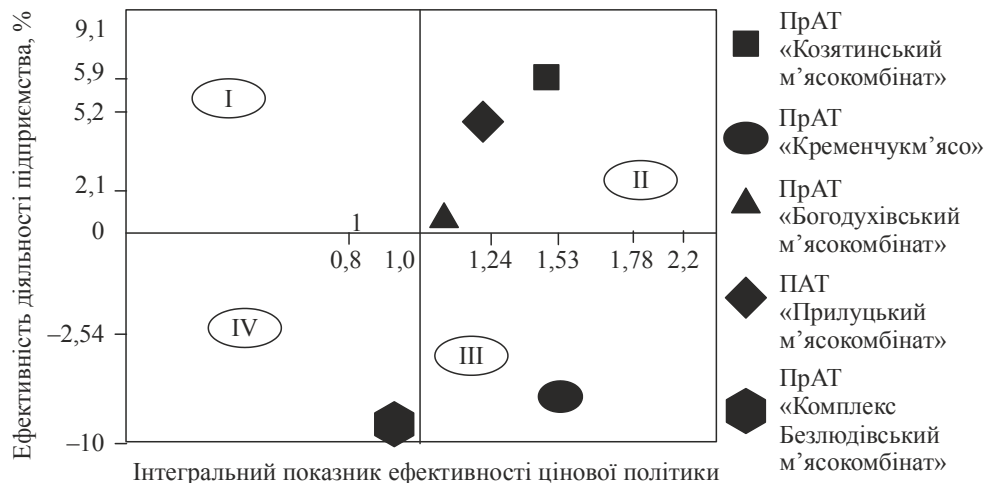


Рис. 2. Матриця за даними м'ясокомбінатів, [10]

У квадраті II знаходяться ПрАТ «Козятинський м'ясокомбінат», ПрАТ «Богодухівський м'ясокомбінат» і ПАТ «Прилуцький м'ясокомбінат», що свідчить про високі показники роботи як у сфері економічної діяльності, так і в зваженій ціновій політиці підприємств.

У квадраті III — ПрАТ «Кременчукм'ясо», що свідчить про загальні фінансові труднощі підприємства, незважаючи на високий рівень цінової політики. Це є наслідком прорахунків у стратегічній орієнтації підприємства, наявності проблем у забезпеченні економії і ресурсозбереження.

У квадраті IV — ПрАТ «Комплекс «Безлюдівський м'ясокомбінат», керівництву якого потрібно терміново впроваджувати заходи антикризового менеджменту.

Залежно від квадрата побудованої матриці «Ефективність діяльності підприємства — інтегральний показник ефективності цінової політики» підприємство може обирати відповідну цінову стратегію.

Цінова стратегія передбачає координацію взаємопов'язаних маркетингових, конкурентних і фінансових рішень, мета яких полягає в найбільш повному використанні можливостей встановлення прибуткових цін [6, с. 227]. Водночас цінова стратегія — це система організаційно-технічних і фінансових заходів щодо інтенсифікації процесу реалізації продукції, підвищення її конкурентоспроможності, активного впливу на попит та пропозицію продукції.

У науковій літературі з питань цінової політики вагоме місце займають види, класифікація цінових стратегій та їх реалізація з урахуванням пріоритетів економічної діяльності підприємства [6—9].

У сучасних умовах функціонування на ринку підприємства м'ясопереробної галузі застосовують такі поширені цінові стратегії.

1. Стратегія низьких цін, яка має характерні особливості:

- спрямованість на економію ресурсів у всіх видах діяльності підприємства;
- активне дотримання бюджету витрат для всіх виробництв;
- комплексне перероблення сировини;
- виробництво продукції із вторинної сировини;
- впровадження ресурсозберігаючих технологій;
- трансфертне ціноутворення на сировину та супутню продукцію;
- пошук резервів зниження витрат на виробництво і реалізацію продукції.

Забезпечення конкурентних переваг для підприємства:

- формування корпоративної культури орієнтованої на «ощадливість + якість» відповідно до вимог споживачів;
- участь персоналу в контролюванні рівня витрат;
- зниження цін на продукцію;
- розвиток власної сировинної бази, що сприяє зниженню витрат на придбання сировини;

- упровадження технологій реінжинірингу основних виробничих процесів виробництва продукції (м'яса, ковбас, консервів, напівфабрикатів тощо) з метою скорочення неефективних процесів і дій та створення інформаційного потоку на рівні кожного структурного підрозділу підприємства;

- застосування ефективного управління витратами — ABC (Activity Based Costing), яке базується на ідентифікації джерел витрат, розподілі і контролі накладних витрат за видами діяльності, що сприяє виявленню резервів зниження витрат й усунення видів діяльності, які можуть дублюватися при поширеній функціональній структурі управління підприємством.

Умови застосування стратегії:

- цінова конкуренція серед виробників;
- стандартний і майже однаковий асортимент продукції підприємств, що відповідає вимогам широких верств населення;
- високі ціни на сировину і матеріали;
- високі ціни на м'ясну продукцію;
- актуально для малих підприємств, на яких застосовуються: лінійна організаційна структура управління, спрощені системи обліку, високий рівень гнучкості при виборі товарного асортименту та встановленні цін;
- актуально для середніх, великих підприємств (м'ясокомбінатів) у напрямках: впровадження інформаційних технологій, контролінгу діяльності, створенню центрів відповідальності за витратами тощо.

2. Стратегія стабільних цін, яка має характерні особливості:

- планування стабільного товарного асортименту продукції, який користується великим попитом;
- логістичний підхід до матеріально-технічного забезпечення передбачає встановлення довгострокових відносин із потужними постачальниками, посередниками, споживачами, обираючи їх за критеріями стабільності та якості;

- заохочення прихильності покупців до торговельної марки на підставі ефективних технологій брендингу та мерчендайзингу;
- створення власної фірмової торгівлі;
- дотримання середнього рівня цін на продукцію, який розрахований на середній рівень купівельної спроможності споживачів.

Забезпечення конкурентних переваг для підприємства:

- впровадження стандартів (ДСТУ, НАССР, ISO) у діяльність;
- завойовування лояльності покупців до своєї торговельної марки завдяки інтенсивності рекламної кампанії, дегустаційних презентацій продукції, участі у виставках, ярмарках;
- підтримка іміджу і репутації виробника завдяки навичкам, досвіду, професіоналізму персоналу тощо;
- стабільні показники економічної ефективності підприємства.

Умови застосування стратегії:

- реалізація продукції підприємства на рівні окремого регіону (області);
- для середніх і великих підприємств з потужною виробничою лабораторією, відділом маркетингу, збутовою мережею, веб-сайтом;
- наявність споживачів із постійними смаками, що надають перевагу постійному традиційному асортименту м'ясної продукції.

3. Стратегія ціноутворення в межах товарної номенклатури, яка має характерні особливості:

- зосередження уваги на плануванні товарного асортименту продукції у ціновому аспекті;
- високі ціни на високоякісну продукцію — сирокочені (сиров'ялені) ковбасні вироби та копченості за унікальною технологією виробництва, м'ясні паштети (фуа-гра,) м'ясні консерви для дитячого харчування, що вимагають контролю за дотриманням стандартів якості та вимог за виконанням операцій, роботи обладнання, персоналу, наявності оригінальної упаковки;
- низькі ціни на якісну продукцію з недорогої сировини – субпродуктові (кров'яні) ковбасні вироби, м'ясні хліба, сальтисони;
- ціни на специфічну технічну продукцію – сухе кормове борошно та технічний жир для подальшого застосування при виробництві кормів для тварин;
- ціни на медичну продукцію, вироблену при переробці крові, ендокринно-ферментної сировини тощо — сухий (рідкий) гематоген, білкові кровозамінники, технічний альбумін, жовч медична тощо;
- ціни на нові види продукції — ковбасні вироби, напівфабрикати, копченості з м'яса страуса, кролятини, нутрії тощо, які не виробляють конкуренти, з використанням нетрадиційних технологій, сировини, матеріалів, та ресурсів.

Забезпечення конкурентних переваг для підприємства:

- виділення продукції підприємства серед продукції конкурентів;
- розширення сегментів ринку;
- удосконалення диференційованого ціноутворення на продукцію.

Умови застосування стратегії:

- реалізація продукції підприємства на рівні декількох регіонів країни;
- існування різних груп споживачів, які орієнтовані на диференціацію цін на продукцію;

- досвідчений висококваліфікований персонал, що працює над нововведеннями, новими технологіями (рецептурами);
- актуально для малих підприємств, що спеціалізуються на виробництві одного або декількох видів продукції для окремого сегменту ринку;
- для великих підприємств, що виробляє понад 100 видів продукції широкої номенклатури, застосовує всі потенційні можливості і ресурси (фінансові, комунікаційні, маркетингові, збутові, інноваційні, техніко-технологічні, цінові тощо).

Запропоновано обрати цінову стратегію для підприємства м'ясопереробної галузі з урахуванням матриці «Ефективність діяльності підприємства – інтегральний показник ефективності цінової політики:

- квадрат I — застосування стратегії низьких цін;
- квадрат II — застосування стратегії ціноутворення в межах товарної номенклатури;
- квадрат III — застосування стратегії стабільних цін;
- квадрат IV — застосування стратегії низьких цін.

Водночас на одному підприємстві може використовуватися одночасно декілька стратегій, що сприяє підвищенню ефективності цінової політики. Наприклад, застосування одночасно стратегії низьких цін і стратегії ціноутворення в межах товарної номенклатури актуально для ПрАТ «Кременчук-м'ясо» і ПрАТ «Комплекс «Безлюдівський м'ясокомбінат», що позитивно позначиться на ефективності цінової політики та загальних показниках ефективності підприємства.

Висновки

Запропонована матриця «Ефективність діяльності підприємства — інтегральний показник ефективності цінової політики» враховує існуючий стан цінової політики та економічну ефективність діяльності підприємства. Це актуально для підприємств м'ясопереробної галузі, рівень збитковості яких у 2017 році складає 40%. Залежно від розташування підприємства (квадрата) матриці обирається цінова стратегія на перспективу, заходи якої можуть вирішити проблемні питання у ціновій і економічній політиці підприємства. Серед великої кількості цінових стратегій поширеними на підприємствах м'ясопереробної галузі є стратегія низьких цін, стратегія стабільних цін і стратегія ціноутворення в межах товарної номенклатури, виходячи із специфічних особливостей функціонування підприємств.

Література

1. Kalinchik N., Saenko O.A Development and Effective Functioning of Enterprises at the Beef Market. K.: NNC IAE, 2009. 212 p.
2. Kozak L. Market Positions of Native Agrarian Producers in Context of Ukraine's Membership in WTO. Economic of Agroindustrial Complex. 2013. № 1. P. 55—60.
3. Kenessey A., Buisson B., McKenzie R. Pricing methods [Text]. Helsinki: VG, 2005. P. 14.
4. Mazurenko O. Food-security and Situation from Position of Meat Production and Consumption. *Scientific Messenger of Umanj's National University of gardening*. 2008. №. 70 (part 2 — Economic). P. 105—111.

5. Mohammed R. The Art of Pricing: How to Find the Hidden Profits to Grow Your Business [Text]. Crown Business, 2005. 240 p.
6. Nagle T., Hogan John, Zale Joseph Strategy and Tactics of Pricing [Text]. Prentice Hall; 5 edition, (March 12, 2010). 352 p.
7. Dragan O., Berher A. Estimation of marketing price policy efficiency of the enterprise of meat-processing industry. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. 2018. Vol. 40. No. 2: 175—186. <https://doi.org/10.15544/mts.2018.17>
8. Tim J. Smith Pricing Strategy: Setting Price Levels, Managing Price Discounts and Establishing Price Structures [Text]. South-Western College Pub; 1 edition (January 18, 2011). 318 p.
9. Furtwengler D. Pricing for Profit: How to Command Higher Prices for Your Products and Services. АМАСОМ, (September 2, 2009). 232 p.
10. Бази даних підприємств (10.02.2017) URL: <https://smida.gov.ua/db>

SOCIAL-RESPONSIBLE LABOR PRACTICES: THE CONTEXT OF EMPLOYMENT

L. Maznyk

National University of Food Technologies

Key words:

*Criteria
Job search
Graduates
Rating
Variation
Experts
Subject of work*

Article history:

Received 05.03.2019
Received in revised form
29.03.2019
Accepted 10.04.2019

Corresponding author:

L. Maznyk
E-mail:
solieri@i.ua

ABSTRACT

The article deals with modern research in the field of corporate social responsibility. The experience of international cooperation on the application of practical approaches in the interrelation of the development of human resources with socially responsible labor practices has been studied. It is proposed to consider social responsibility labor practices in the context of employment. For this purpose, the link between the ranking criteria of job search graduates of higher educational establishments with the future subject of work has been diagnosed.

The author studies the priority of different criteria for which future experts make such a choice. It is confirmed that the rating of these criteria significantly differs depending on the subject of future work. The relevant “reference ratings” are calculated. Thus, the goal of the study on the diagnosis of the connection between the ranking of the criteria for job search graduates of higher education institutions with the future subject of work is achieved. Such an investigation is proposed to be carried out in several stages. The first stage is the conduct of regular surveys of graduates of the educational level “Master” of different specialties (specializations, areas) grouped on the subject of future work (taking into account the results of the answers taken only by persons who are going to work by the specialty). The second stage is a summary of the results in tabular form. The third stage is the calculation of the corresponding system of statistical indicators (variance, square deviation, coefficient of variation) to assess the homogeneity of thoughts on selected job search criteria. The fourth stage is the assessment of the consistency of respondents’ opinions in general with the use of the coefficient of concordance.

As a result of the research, the existence of a connection between the priorities of the search for work with the subject of work for various specialties of graduates of the university was established. The paper stresses that the consideration of such dependence is a factor in the development of labor skills for graduates and should be part of the policy of higher education institutions.

СОЦІАЛЬНО-ВІДПОВІДАЛЬНІ ТРУДОВІ ПРАКТИКИ: КОНТЕКСТ ПРАЦЕВЛАШТУВАННЯ

Л.В. Мазник

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано сучасні дослідження у сфері корпоративної соціальної відповідальності. Вивчено міжнародний досвід застосування практичних підходів у взаємозв'язку розвитку людських ресурсів із соціально-відповідальними трудовими практиками. Запропоновано розглядати соціально-відповідальні трудові практики в контексті працевлаштування. Для цього діагностовано зв'язок рейтингу критеріїв пошуку роботи випускниками вищих навчальних закладів із майбутнім предметом праці.

Визначено пріоритетність різних критеріїв, за якими майбутні фахівці здійснюють такий вибір. Підтверджено припущення, що рейтинг цих критеріїв суттєво відрізняється залежно від предмета майбутньої роботи. Розраховані відповідні «еталонні рейтинги». Проведено діагностування зв'язку рейтингу критеріїв пошуку роботи випускниками вищих навчальних закладів із майбутнім предметом праці. Таке дослідження запропоновано виконувати в декілька етапів. Перший етап — проведення регулярних опитувань випускників освітнього рівня «магістр» різних спеціальностей (спеціалізацій, напрямів), згрупованих за предметом майбутньої праці (до уваги взяті результати відповіді тільки осіб, які збираються працювати за спеціальністю). Другий етап — узагальнення результатів в табличному вигляді. Третій етап — розрахунок відповідної системи статистичних показників (дисперсія, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації) для оцінки однорідності думок по окремих критеріях пошуку роботи. Четвертий етап — оцінка узгодженості думок респондентів у цілому із застосуванням коефіцієнта конкордації.

У результаті проведеного дослідження встановлено існування зв'язку пріоритетів пошуку роботи з предметом праці для різних спеціальностей випускників університету. Наголошено, що врахування такої залежності є фактором розвитку трудових навичок для випускників та повинно стати частиною політики вищих навчальних закладів.

Ключові слова: критерії, пошук роботи, випускники, рейтинг, варіація, експерти, предмет праці.

Постановка проблеми. Основна система стандартів європейської соціальної відповідальності складається з «Європейської конвенції з прав людини» та з «Європейської соціальної хартії» [1; 2]. Ці стандарти не в повній мірі застосовуються на вітчизняному ринку праці. До того ж в Україні недолік адекватних навичок для працевлаштування є основною перешкодою для зростання економіки. Існуючі системи освіти і спеціального професійно-технічного навчання часто не надають випускникам базові навички та кваліфікації, затребувані на ринку праці. Через це навіть випускники, які отримали високу кваліфікацію, поповнюють лави безробітних або влаштовуються на

роботу, де їхні навички використовуються в неповній мірі. У той же час роботодавці стикаються з труднощами в пошуках робочої сили, що володіє необхідними навичками і досвідом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження у сфері корпоративної соціальної відповідальності зосереджені на вивченні власне корпоративної соціальної відповідальності, концепції корпоративної соціальної сприйнятливості та концепції корпоративної соціальної діяльності. Ю.С. Благов узагальнив підходи до формування синтетичної концепції корпоративної соціальної діяльності, концепції зацікавлених сторін, корпоративної стійкості та корпоративного громадянства [3; 4]. В.О. Симхович соціальну відповідальність бізнесу розглядає як соціальний феномен сучасного суспільства в контексті відомої міжнародної ініціативи ООН «Глобальний договір», аналізує практичні аспекти корпоративної соціальної відповідальності: характер, рівні і об'єкти соціальної відповідальності, основні форми і моделі, напрямки і мотиви КСВ, обґрунтовує її потенціал як нової філософії управління компанією [5]. Модель корпоративної соціальної діяльності представлена у розробках А. Керолла. Корпоративна соціальна відповідальність у А. Керолла постає як комплексне явище, а запропонована ним модель охоплює і сутнісні характеристики КСВ, і філософію корпоративної соціальної сприйнятливості, і релевантні суспільні потреби (безпеку продукції, екологія, безпеку робочих місць тощо) [6]. Т.В. Березянюк пропонує розглядати корпоративну соціальну відповідальність як економічну складову бізнес-практики [7]. Одним із останніх напрямків досліджень у вітчизняній науці стосовно соціально-відповідальних трудових практик є науково-теоретичне обґрунтування дефіциту гідної праці та визначення стратегічних напрямів його подолання в Україні. Так, А. Колот та О. Герасименко викладають свій погляд на інститут гідної праці, наводять форми прояву та причини дефіциту гідної праці. Автори показують взаємозв'язок дефіциту гідної праці з феноменом прекаріату, презентують своє бачення концепції гідної праці як стратегічного напрямку розвитку соціально-трудої сфери та основний шлях усунення дефіциту гідної праці в Україні [8]. Активізується міжнародна співпраця щодо застосування практичних підходів у взаємозв'язку розвитку людських ресурсів із соціально-відповідальними трудовими практиками. Задекларовані дії зі скорочення бідності та просування загального процвітання за допомогою розвитку людських ресурсів, що включатимуть в себе інвестиції в механізми ефективного прогнозування необхідних трудових навичок і продовження вдосконалення підходів до навчання [9]. Однак існуючі фундаментальні дослідження не приділяють достатньо уваги соціально-відповідальним трудовим практикам в контексті працевлаштування.

Мета статті: діагностування зв'язку рейтингу критеріїв пошуку роботи випускниками вищих навчальних закладів із майбутнім предметом праці.

Викладення основних результатів дослідження. Головним ресурсом будь-якої діяльності є люди. Результативність діяльності підприємств обумовлена якістю працюючих, їх зацікавленістю в результатах праці та мотиваваністю. Отже, для навчальних закладів, які здійснюють підготовку кадрів для галузей народного господарства, вкрай важливим є визначення пріоритетів

випускників у виборі ними майбутньої роботи. Тому автором регулярно проводиться вивчення пріоритетності різних критеріїв, за якими майбутні фахівці здійснюють такий вибір. Причому було зроблено припущення, що рейтинг цих критеріїв суттєво відрізняється залежно від предмета майбутньої роботи. Так, розрізняють такі системи за предметом праці:

- людина — людина (люди, групи, колективи);
- людина — техніка (машини, механізми, технічні системи);
- людина — природа (живі організми, біологічні процеси);
- людина — знакова система (природні і штучні мови, цифри, креслення, карти, умовні знаки, шифри, коди) [10, с. 187—189].

Останні опитування були проведені серед випускників освітнього рівня «магістр» протягом 2017—2018 рр.:

№	Спеціальність (спеціалізація, напрям)	Дата (період)	Кількість опитаних осіб
1.	076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» спеціалізації «Управління персоналом та економіка праці»	2—9.10.2017	22
		16.10.2018	12
2.	071 «Облік і оподаткування» спеціалізація «Облік і аудит»	17.10.2017	15
		23.10.2018	9
3.	133 «Галузеве машинобудування», спеціалізація «Обладнання переробних і харчових виробництв»	17.10.2017	12
		24.10.2018	8

Мета опитування — з'ясувати рейтинг критеріїв пошуку роботи для різних спеціальностей та оцінити узгодженість думок опитаних випускників. Кожному студенту потрібно було заповнити таку анкету:

Опитування випускників освітнього рівня «магістр» щодо рейтингування критеріїв пошуку роботи

Надайте відповіді на такі запитання

Чи збираєтесь Ви працювати за обраною спеціальністю (оберіть одну відповідь):

А) так

Б) ні

В) не визначився

2. Заповніть у таблиці власні пріоритети за наданим переліком критеріїв пошуку роботи (1 — важливо, ... 16 — найменш важливо)

№	Критерії пошуку роботи	Пріоритет (рейтинг)
1	2	3
1.	Сприятливий морально-психологічний клімат у колективі	
2.	Потенціал професійного або кар'єрного зростання	
3.	Можливість суміщати роботу і навчання	
4.	Широке коло контактів	
5.	Закордонні відрядження	
6.	Форма власності роботодавця	
7.	Зручне місце розташування роботи	
8.	Цікава робота	

Продовження табл.

1	2	3
9.	Зручний графік роботи	
10.	Престижність посади	
11.	Затребуваність професії на ринку праці	
12.	Можливість вільно розпоряджатись часом	
13.	Наявність додаткових заохочень	
14.	Висока заробітна плата	
15.	Імідж компанії	
16.	Імідж роботодавця	

3. Можете додати власні критерії та побажання для вдосконалення таких опитувань.

Наступним етапом дослідження, після анкетування, було узагальнення результатів та оцінювання узгодженості думок опитуваних за такою системою показників: дисперсія, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, коефіцієнт конкордації [11—13] та обрані «еталонні рейтинги» для кожної спеціальності. Узагальнення й оцінки результатів опитування для спеціалізації «Управління персоналом та економіка праці» (майбутня діяльність яких, в основному, зосереджена в системі «людина-людина») засвідчили такі пріоритети: найбільш важливим є сприятливий морально-психологічний клімат у колективі, на другому місці — цікава робота, на третьому — можливість суміщати роботу і навчання, четверте — висока заробітна плата, п'яте — потенціал професійного зростання тощо. Результати для спеціалізації «Обладнання переробних і харчових виробництв» (майбутня діяльність яких, в основному, зосереджена в системі «людина-машина») вказують на абсолютно інші пріоритети: сприятливий морально-психологічний клімат у колективі — 8, цікава робота — 1, можливість суміщати роботу і навчання — 16, висока заробітна плата — 9, потенціал професійного зростання — 2 тощо. Результати опитування студентів спеціалізації «Облік і аудит» також продемонстрували істотні відмінності в пріоритетах від попередніх. Для цієї спеціалізації висока заробітна плата — 1, наявність додаткових заохочень — 2, сприятливий морально-психологічний клімат в колективі — 16.

Узгодженість думок опитаних випускників оцінена за коефіцієнтом конкордації. Коефіцієнт конкордації Кендала, або коефіцієнт множинної рангової кореляції (1) використовують для виявлення узгодженості думок експертів з кількох факторів:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

де m — число експертів в групі; n — число факторів; S — сума квадратів різниць рангів (відхилень від середнього).

За результатами проведеного спостереження значення цього показника для різних спеціалізацій по роках знаходиться в межах 0,42—0,54, що вказує на істотність встановлених «еталонних» рейтингів для досліджуваних спеціальностей.

Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що існує зв'язок пріоритетів пошуку роботи з предметом праці. Врахування такої залежності є фактором розвитку трудових навичок для випускників і частиною політики вищих навчальних закладів у профорієнтаційній діяльності та одним із напрямків співпраці роботодавців із відповідними навчальними закладами. А це сприятиме створенню достойних робочих місць та ефективному працевлаштуванню, приведенню у відповідність структур попиту і пропозиції на ринку праці.

Література

1. Європейська конвенція з прав людини. URL: https://www.echr.coe.int/Documents/Convention_UKR.pdf
2. Європейська соціальна хартія (переглянута). URL: <https://www.refworld.org.ru/cgi-bin/texis/vtx/gwmain/opendocpdf.pdf?reldoc=y&docid=55c9a7844>
3. Благов Ю.Е. Корпоративная социальная ответственность : монография. 2-е изд. СПб.: Высш. шк. менеджмента, 2011. 272 с.
4. Благов Ю.Е. Корпоративная социальная ответственность: эволюция концепции: учеб. пособие. Высшая школа менеджмента СПбГУ, 2010. 272 с.
5. Симхович В.А. Корпоративная социальная ответственность. Философско-управленческие аспекты современного бизнеса: монография. Минск: Дикта, 2011. 200 с.
6. Carroll A.B. Managing ethically with global stakeholders: A present and future challenge. *Academy of Management Executive*. 2004. Vol. 18(2). P. 118.
7. Березянко Т.В. Оцінка рівня добропорядної практики в олігопольному ядрі олієжирового комплексу. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2015. Том 21, № 2, С. 53—61
8. Kolot A., Herasyenko O. Deficit of decent work as a current trend in the development of social and labor sphere in Ukraine. *Knowledge and Performance Management*. 2016. Vol. 1, Issue 1. P. 6—18. URL: https://kozmenkopublishing.com/media/zoo/applications/publishing/-templates/article/assets/js/pdfjs/web/viewer.php?file=/pdfproxy.php?item_id:149
9. Санкт-Петербургская стратегия развития. URL: file:///C:/Users/555/Downloads/Санкт-Петербургская_стратегия_развития.pdf
10. Чинники успішного працевлаштування за фахом : навчальний посібник / О.І. Драган та ін.; за заг. ред. О.І. Драган. Київ: Кафедра, 2014. 307 с.
11. Maznyk L. Rating Evaluation of Characteristics of Individual Labor Supply in the Labor Market. 2688th Central European Congress on Food 2016 — Food Science for Well-being (SEFood 2016): Book of Abstracts. 23—26 May 2016. Kyiv: NUFT, 2016. 314 p.
12. Мазник Л.В., Мазник К.С. Використання результатів рейтингової оцінки характеристик індивідуальної пропозиції робочої сили в навчальному процесі. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. Т. 23, № 2. С. 93—99.
13. Мазник Л.В. Використання методик інтегрального оцінювання в сфері управління персоналом. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. Т. 23, № 3. С. 80—92.

INFLUENCE OF PHYSICAL PROPERTIES OF LIQUID ON OPERATION OF LIQUID-GAS EJECTORS

V. Ponomarenko, N. Pushanko, A. Slyusenko, O. Yeschenko

National University of Food Technologies

Key words:

Ejector

Liquid

Physical properties

Coefficient of ejection

Dilution

Article history:

Received 06.03.2019

Received in revised form
20.03.2019

Accepted 04.05.2019

Corresponding author:

V. Ponomarenko

E-mail:

vponomarenkov@ukr.net

ABSTRACT

In classical jet devices, the jet nozzle with a compact liquid jet is mainly used as an active nozzle, and the interaction of the phases in the receiving chamber occurs only on the outside of the spray cone, followed by leveling the characteristics in the mixing chamber.

While jet devices are used to carry out heat exchange processes, which is typical for the food industry, it is more advisable to use an active nozzle in the form of a centrifugal-jet nozzle with a dispersed stream of liquid. Due to the appearance of longitudinal and transverse waves, the jet of liquid disintegrates into drops at an insignificant distance from the nozzle. The contact surface of the phases increases significantly and mass transfer processes are accelerated in many times. Taking into consideration the fact that during this period there are cavitation phenomena, the final effects, the formation of the surface of the drops and its reformatting during a collision, then the work of the ejectors is extremely effective while carrying out technological processes in them.

Based on the assessment of the knowledge level about processes and physical phenomena occurring in jet devices, in order to create equipment with high performance characteristics, the study examines the influence of only two factors on the operation of ejectors: the type of active nozzle and the physical properties of the dispersed liquid.

To establish the features of the hydrodynamics of the emulsion in the mixing chamber of jet devices, a hydraulic stand was created, on which an ejector with transparent mixing chambers with diameters of 8, 15, 19, 27, 45 mm and a jet and centrifugal jet nozzle as a working nozzle with nozzle diameters of 4, 6, 8 mm, was investigated. The dependence of the ejection coefficient on the type of nebulizer and pressure was established. The operation of a liquid-gas ejector with a dispersed stream of liquid was studied on model sugar and starch solutions with a concentration of 12%, 16.6%, and the influence of the physical properties of the liquid on the operation of the ejector was established.

While low pressures of fluid supply to the nozzle (up to 0.25 MPa), the ejection coefficient depends on the properties of the liquid: an increase in the solutions concentration leads to a decrease in ejection ability. While increasing pressure, under which the liquid is sprayed, the influence of its physical properties on the work of the ejector disappears.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-14

ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІДИН НА РОБОТУ РІДИННО-ГАЗОВИХ ЕЖЕКТОРІВ

В.В. Пономаренко, М.М. Пушанко, А.М. Слюсенко, О.А. Єщенко
Національний університет харчових технологій

У класичних струминних апаратах як активне сопло в основному використовується струминна форсунка з компактним струменем рідини, а взаємодія фаз у приймальній камері відбувається лише із зовнішньою поверхнею факела розпилення з подальшим вирівнюванням характеристик у камері змішування.

При використанні струминних апаратів для здійснення тепломасообмінних процесів, що характерно для харчової промисловості, більш доцільно використовувати активне сопло у вигляді відцентрово-струминної форсунки з диспергованим струменем рідини. Внаслідок появи поздовжніх і поперечних хвиль струмів рідини розпадається на краплі на незначній відстані від сопла. Поверхня контакту фаз значно збільшується і процеси масопередачі прискорюються багатократно. З урахуванням того, що в цей період мають місце кавітаційні явища, кінцеві ефекти, формування поверхні крапель та її переформатування при співдарах, то робота ежекторів вкрай ефективна при проведенні в них технологічних процесів.

Виходячи з оцінки рівня знань процесів і фізичних явищ, що відбуваються в струминних апаратах, з метою створення обладнання з високими експлуатаційними характеристиками в дослідженні розглядається вплив лише двох факторів на роботу ежекторів: тип активного сопла і фізичні властивості рідини, що диспергується.

Для встановлення особливостей гідродинаміки емульсії в камері змішування струминних апаратів був створений гідравлічний стенд, на якому досліджувався ежектор з прозорими камерами змішування діаметрами 8, 15, 19, 27, 45 мм та струминною і відцентрово-струминною форсункою як робочого сопла з діаметрами сопел 4, 6, 8 мм. Встановлено залежність коефіцієнта ежекції від типу розпилювача й тиску. Досліджено роботу рідинно-газового ежектора з диспергованим струменем рідини на модельних цукрових і крохмальних розчинах концентрацією 12%, 16,6% та встановлено вплив фізичних властивостей рідини на роботу ежектора.

При малих тисках подачі рідини на сопло форсунки (до 0,25 МПа) коефіцієнт ежекції залежить від властивостей рідини: збільшення концентрації розчинів приводить до зниження ежектуючої здатності. При збільшенні тиску, під яким відбувається розпилення рідини, вплив її фізичних властивостей на роботу ежектора зникає.

Ключові слова: ежектор, рідина, фізичні властивості, коефіцієнт ежекції, розрідження.

Постановка проблеми. В харчовій промисловості ежектори використовуються для здійснення різноманітних технологічних процесів: для насичення напоїв діоксидом вуглецю, пастеризації та стерилізації харчових про-

дуктів, у випарних і холодильних установках, для перемішування середовищ, аерації при бродінні, для сульфатації та сатурації в цукровій промисловості, для очищення запиленого повітря тощо [1—4]. В усіх працях відмічається висока швидкість та ефективність перебігу процесів.

Ефективна робота ежекторів відбувається у вузькому діапазоні співвідношення розмірів елементів струминного апарата (основною характеристикою ежектора є головна геометрична характеристика: відношення площі камери змішування до площі сопла) [5; 6]. Визначення цієї характеристики є одним з основних завдань їх проектування. Неодноразово порушувалось питання вибору типу сопла для ежектора [6—9], при якому його робота найбільш енергоефективна, та єдиної методики його вибору немає через неоднозначність отриманих результатів.

При розрахунку та проектуванні струминних апаратів використовуються як теоретичні, так і експериментальні дані. В лабораторних умовах, зазвичай, досліджується робота ежекторів на модельних середовищах вода-повітря. Однак, фізичні властивості рідин і газів у цих процесах значно відрізняються від фізичних властивостей середовищ, при яких були проведені дослідження. Чи можливо переносити результати таких досліджень при проектуванні ежекторів для їх роботи у виробничих умовах?

Відомий вплив фізичних властивостей рідин при їх розпиленні форсунками різних конструкцій на середній діаметр крапель рідини. Однак питання впливу на роботу ежектора потребує додаткових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними елементами струминних апаратів є приймальна камера з вхідним колектором, робоче сопло, горловина (камера змішування), дифузор. Оскільки струминний апарат надзвичайно простий за конструкцією, то значення кожного його елемента, взаємне положення, співвідношення розмірів відіграють важливу роль при роботі. В класичних струминних апаратах (КСА) як активне сопло в основному використовується струминна форсунка з компактним струменем рідини. У випадку суміщення в струминному апараті функцій транспортування газової фази з проведенням масообмінних процесів, що характерно для обладнання харчової промисловості, більш доцільно використовувати активне сопло у вигляді відцентрово-струминної форсунки з диспергованим струменем рідини. Це пояснюється тим, що в цьому випадку на незначній відстані від сопла внаслідок появи поздовжніх і поперечних хвиль струмів рідини розпадається на краплі. Поверхня контакту фаз значно збільшується і процеси масопередачі прискорюються багатократно. З урахуванням того, що в цей період мають місце кавітаційні явища, кінцеві ефекти, формування поверхні крапель та її переформатування при співударах, зрозуміло, що робота ежекторів вкрай ефективна при проведенні в них тепломасообмінних процесів харчових технологій. Ці дані підтверджені експериментальними дослідженнями [3; 5; 10].

У сучасних гідравлічних форсунках значна частина енергії йде на прискорення руху крапель і втрачається при їх в'язкій деформації. Подрібнення рідини на краплі обумовлено втратою стійкості течії струменя і пливом внаслідок утворення на їх поверхні нестійких хвиль [11; 12]. При розпиленні

рідин малої в'язкості утворюється плівка з турбулентними поздовжніми та поперечними хвилями, відбувається швидкий розпад струменів. При збільшенні в'язкості рідини, що розпиляється, поперечні хвилі зменшуються та зникають, турбулентність затухає і плівка рідини розпадається на більший відстані від сопла форсунки. Різні фізичні властивості рідини (в'язкість, поверхневий натяг) по різному впливають на розмір крапель.

Крім фізичних властивостей рідини на розмір крапель і кут розпилення, впливає тиск, під яким відбувається її розпилення [13; 14].

В аналітичній формі функціональна залежність між критеріями, що характеризують середній діаметр краплі, записується у вигляді [11]:

$$\frac{d}{d_0} = f\left(\frac{\mu_p^2}{\rho_p \sigma d_0}, \frac{\rho_g v^2 d_0}{\sigma}\right), \quad (1)$$

де d — середній діаметр крапель, м; d_0 — діаметр струменя, м; μ — динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с; ρ — густина, кг/м³; σ — поверхневий натяг, Н/м; v — швидкість, м/с; (індекси: p — рідина, g — газ).

Критерій $\mu_p^2 / \rho_p \sigma d_0$ характеризує співвідношення сил в'язкості, інерційних сил і поверхневого натягу. Критерій $\rho_g v^2 d_0 / \sigma$ показує відношення інерційних сил повітряного потоку до сил поверхневого натягу, тобто враховує взаємодію струменів із зовнішнім середовищем: розмір крапель, що отримують при розпиленні рідини зменшується в міру збільшення цього критерію.

Фізичні властивості рідини впливають на дисперсність розпилення таким чином:

- в'язкість здебільшого погіршує дисперсність розпилення (ступінь впливу в'язкості на середній діаметр краплі в межах $d \sim \mu_p^{0,2 \dots 0,5}$);

- поверхневий натяг мало впливає на ступінь дисперсності ($d \sim \sigma^{0,1 \dots 0,2}$).

Якщо вплив фізичних властивостей на дисперсність розпилення рідини з форсунок досліджувався, то чи впливає це на роботу ежекторів, даних досить мало [15; 16].

Мета дослідження: встановити залежність коефіцієнта ежекції від типу активного сопла та фізичних властивостей робочої рідини, що диспергується.

Матеріали і методи. Для встановлення залежності коефіцієнта ежекції струминного апарата від типу активного сопла та фізичних властивостей рідини, що диспергується, на кафедрі технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування НУХТ був створений гідравлічний стенд (рис. 1). Досліджено роботу ежектора із струминною (рис. 2) та відцентрово-струминною форсунками (рис. 3).

Витрата рідини вимірювалась ротаційним витратоміром типу КВ-1,5, клас точності 1,5. Тиск рідини на форсунці контролювався манометром ОБМ1-160, кл. точності 1,5. Витрата газу вимірювалась лічильником PREMA G 1,6 об'ємного типу. Розрідження в камері змішування фіксувалось диференційним манометром у мм. вод. ст. Фотозйомку течії рідини в камері змішування здійснювали цифровою фотокамерою Canon SX130.

Досліджувався ежектор з прозорими камерами змішування діаметрами 8, 15, 19, 27, 45 мм та струминною і відцентрово-струминною форсункою як робочого сопла з діаметрами сопел 4, 6, 8 мм.

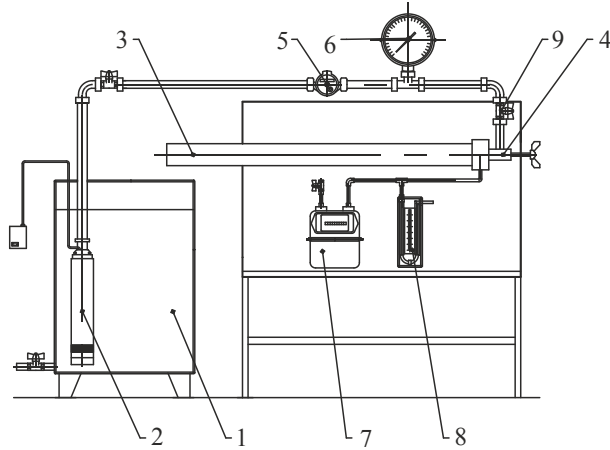


Рис. 1. Експериментальна установка: 1 — мірна ємність; 2 — насос; 3 — камера змішування ежектора; 4 — форсунка; 5 — витратомір рідини; 6 — манометр; 7 — витратомір газу; 8 — дифманометр; 9 — регулювальні крани

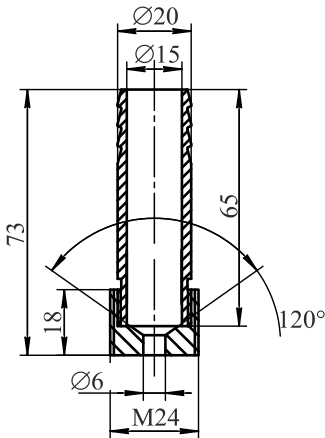


Рис. 2. Струминна форсунка

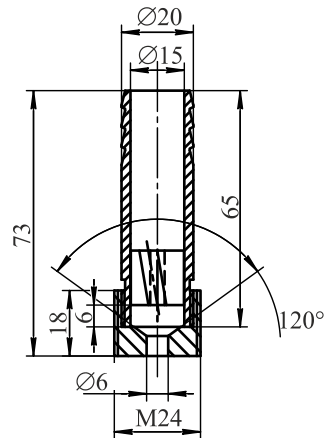


Рис. 3. Відцентрово-струминна форсунка

Викладення основних результатів дослідження. Проведені дослідження ежекторів виявили значну відмінність їх роботи залежно від типу форсунок, що використовуються як робоче сопло. На рис. 4 показана залежність об'ємного коефіцієнта ежекції від тиску подачі рідини на сопло форсунки для системи вода-повітря при різних типах розпилювачів для ежектора з $d_c = 4$ мм та $D_{кз} = 19$ мм. Для цього дослідження приймемо визначення геометричної характеристики ежектора m' як відношення діаметрів камери змішування до діаметра сопла форсунки ($m' = D_{кз} / d_c = 4,75$).

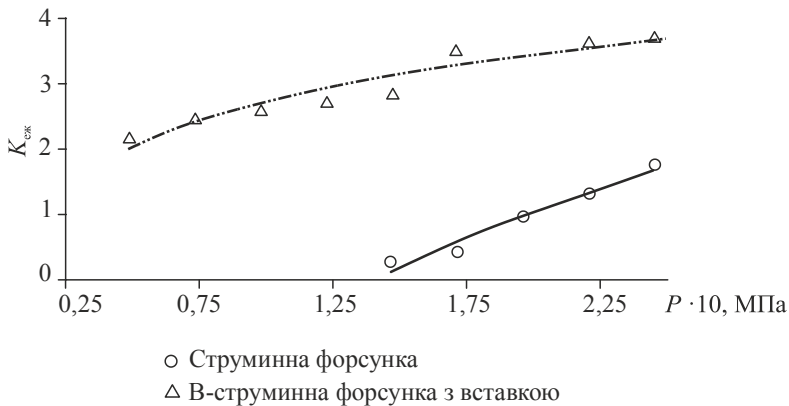


Рис. 4. Залежність об'ємного коефіцієнта ежекції від типу форсунок і тиску рідини для ежектора з $d_c = 4$ мм та $D_{кз} = 19$ мм ($m' = 4,75$)

Як випливає з приведеного графіка, для ежектора з геометричною характеристикою 4,75, при використанні як активного сопла струминної форсунки, коефіцієнт ежекції в усьому діапазоні досліджених тисків нижчий за аналогічний показник для ежектора з відцентрово-струминною форсункою. Наприклад, при тиску рідини $P = 0,25$ МПа коефіцієнт ежекції для апарата з струминною форсункою досягає числового значення 1,6, що в 2,3 раза менше, ніж для ежектора з відцентрово-струминною форсункою (3,7).

Проведені дослідження показують, що ежекційна здатність струминних апаратів з активним соплом як відцентрово-струминною форсункою, тобто з диспергованим струменем рідини, перевищує показники роботи ежекторів з струминною форсункою. В першому випадку струмінь рідини розпадається на краплі рідини на невеликій відстані від сопла форсунки, дисперсність їх діаметрів у межах 12% [17; 18], краплі рідини своєю поверхнею беруть участь в ежекції газової фази. У випадку використання як активного сопла струминної форсунки ежекція повітря досягається за рахунок тертя факела рідини лише зовнішньою стороною. Дані свідчать про залежність коефіцієнта ежекції від поверхні контакту фаз, що утворюється при розпиленні рідини форсунками, тобто від кількості і діаметра крапель, та доводять ефективність роботи ежекторів з диспергованим струменем рідини.

Для встановлення особливостей та закономірностей роботи ежекторів з диспергованим струменем від фізичних властивостей рідини були проведені додаткові дослідження роботи ежектора на системах вода–повітря та модельних цукрових розчинах з концентрацією цукру 12%, 16,6% і крохмальних розчинах такої ж концентрації. Такі розчини зустрічаються при використанні ежекторів як першого ступеня сатураторів, приготуванні крохмальних розчинів, промивки крохмальних зерен тощо. Проаналізуємо вплив зміни фізичних властивостей рідини на роботу ежектора в цілому.

Дослідження роботи ежектора в діапазоні тисків 0,05...0,25 МПа на воді, цукрових і крохмальних розчинах проводились при кімнатній температурі 18...23°C, ежектуюче повітря було при тій же температурі та вологості 70...85%.

Встановлено, що зі збільшенням тиску подачі рідини на робоче сопло ежектора відбувається збільшення коефіцієнта ежекції (рис. 5) для води та цукрових розчинів. Збільшення концентрації цукрози зменшує коефіцієнт ежекції, а при тиску подачі рідини на сопло форсунки ежектора більше 0,25 МПа коефіцієнт ежекції не залежить від концентрації цукрози в рідині.

Пояснити таку роботу ежектора можна тим, що при малих тисках подачі рідини на сопло форсунки, тобто при малих швидкостях витікання рідини з сопла форсунки, вона розпилюється на краплі різного діаметра. Краплі рідини з більшою концентрацією цукрози розпилюються на краплини правильної форми, чому сприяє більш висока в'язкість і поверхневий натяг. Зі збільшенням тиску подачі рідини на сопло форсунки більш ніж 0,25 МПа, збільшується швидкість витікання рідини із сопла форсунки (збільшується критерій We), досягається критичний режим розпилення, при якому діаметри крапель приймають правильну кулясту форму рівновеликого діаметра.

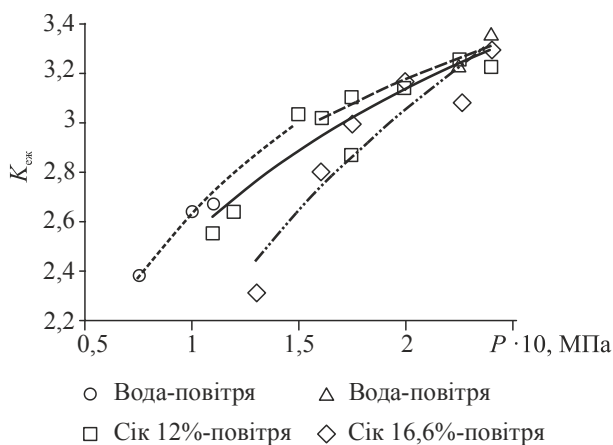


Рис. 5. Залежність коефіцієнта ежекції від тиску рідини для цукрових розчинів

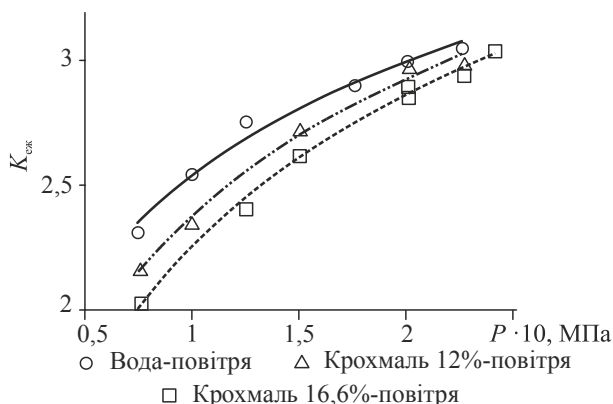


Рис. 6. Залежність коефіцієнта ежекції від тиску рідини для крохмальних розчинів

Результати роботи ежектора на модельних крохмальних розчинах концентрацією 12%, 16,6% представлені на рис. 6. Збільшення концентрації крохма-

лю в розчині сприяє розпиленню рідини на краплі правильної кулястої форми завдяки більшій в'язкості та поверхневому натягу розчину. Така форма крапель зменшує коефіцієнт ежекції. Проведені дослідження на цукрових і крохмальних розчинах ще раз підтверджують, що форма крапель, їх розмір впливають на роботу ежектора.

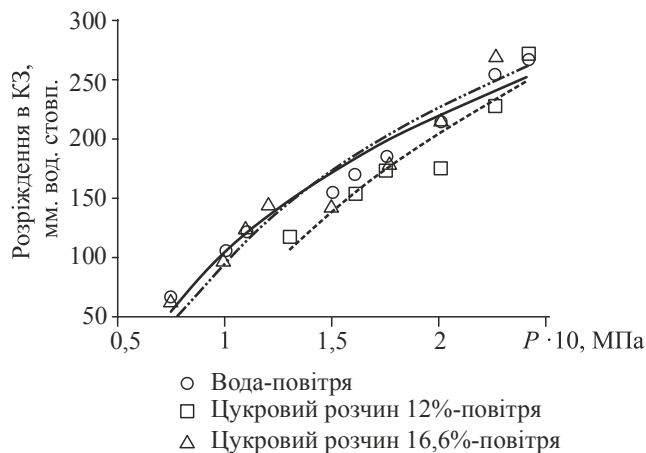


Рис. 7. Залежність розрідження від тиску цукрового розчину на соплі відцентрово-струминної форсунки

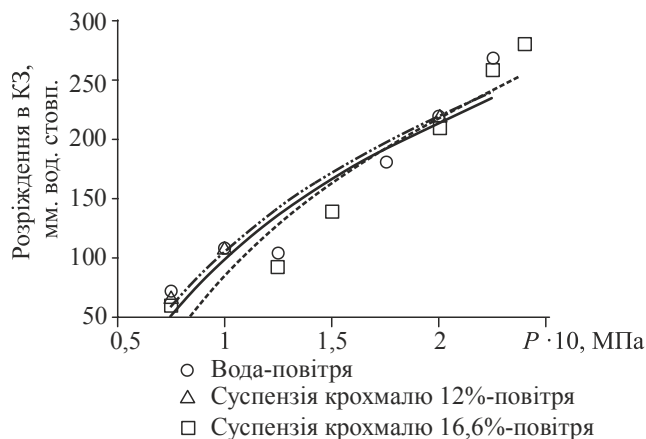


Рис. 8. Залежність розрідження від тиску крохмальної суспензії на соплі відцентрово-струминної форсунки

При роботі ежектора не менш важливим показником є розрідження, яке створюється в приймальній камері. Від його величини залежить ежектуюча здатність струминного апарата та опір, який може подолати газова фаза. Залежність розрідження в приймальній камері ежектора від тиску рідини на робочому соплі форсунки при роботі на воді та цукрових розчинах різної концентрації представлена на рис. 7. На рис. 8 показана аналогічна залежність при роботі ежектора на крохмальній суспензії. В обох випадках при збіль-

шенні тиску рідини на соплі форсунки до 0,25 МПа відбувається збільшення коефіцієнта ежекції. В подальшому розрідження монотонно збільшується та не залежить від концентрації цукрози та крохмалю. Приведена експериментальна залежність також може бути пояснена формуванням крапель одного розміру при збільшенні швидкості витікання рідини з сопла форсунки та досягненням критичного режиму розпилення, при якому отримують краплі рівновеликого розміру.

Висновки

Порівняльні дослідження роботи струминних апаратів з компактним та диспергованим струменем рідини показали, що ежекційна здатність апаратів залежить від типу форсунки, що використовується як активне сопло. Коефіцієнт ежекції струминного апарата з диспергованим струменем рідини (відцентрово-струминною форсункою) значно перевищує аналогічний показник (в 2,3 раза при тиску рідини 0,25 МПа) для ежектора з струминною форсункою і збільшується при збільшенні тиску.

Робота ежекторів залежить від фізичних властивостей рідини, що використовується як активний потік. При низьких тисках подачі рідини на робоче сопло ежектора коефіцієнт ежекції залежить від концентрації цукрози та крохмалю, причому зі збільшенням концентрацій $K_{еж}$ зменшується. При перевищенні тиску розпилення рідини 0,25 МПа, досягається критичний режим розпилення, що характеризується рівновеликим діаметром крапель в усіх випадках, коефіцієнт ежекції не залежить від концентрації компонентів, а залежить лише від тиску рідини (швидкості витікання з сопла форсунки).

Подальші дослідження будуть направлені на виявлення особливостей течії водо-газової емульсії в камері змішування ежекторів при різних просторових положеннях.

Література

1. Соколенко А.І. Інтенсифікація тепло-масообмінних процесів в харчових технологіях: Монографія / під ред. д-ра техн. наук Соколенко А.І. Київ. 2011. 536 с.
2. Subrata K.M. Hydrodynamics and Transport Processes of Inverse Bubbly Flow. Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Guwahati, Assam, India. 2016. 446 p.
3. Billerbeck G.M., Condoret J.S., Fonade C. Study of mass transfer in a novel gas-liquid contactor: the aero-ejector. *Original Research Article Chemical Engineering Journal*. 1999. Vol. 72. P. 185—193.
4. Ponomarenko V., Pushanko N. Ejection devices in mass transfer processes of sugar industry. *LAP LAMBERT Academic Publishing ist ein Imprint der / is a trademark of OmnisScriptum GmbH & Co. KG Saarbrücken*. 2014. P. 48. ISBN: 978-3-659-47763-8.
5. Cramers A.A.C.M., Beenackers P.H.M.R. Influence of the ejector configuration, scale and the gas density on the mass transfer characteristics of gas—liquid ejectors. *Chemical Engineering Journal*. 2001. Vol. 82. P. 131—141.
6. Kandakure M.T., Gaikar V.G., Patwardhan A.W. Hydrodynamic aspects of ejectors. *Chemical Engineering Science*. 2005. Vol. 60. P. 6391—6402.
7. Rudolf von Rohr P., Trepp C. Experimental investigation of an ejector. *Original Research Article Cryogenics*. 1985. Vol. 25, Issue 12. P. 684—686.

8. Yang X., Long X., Yao X. Numerical investigation on the mixing process in a steam ejector with different nozzle structures. *Original Research Article International Journal of Thermal Sciences*. 2012. Vol. 56. P. 95—106.
9. Спиридонов Е.К. Испытание водовоздушного струйного насоса ЮУрГУ в системах вакуумирования паровых турбин. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение»*. 2005. вып. 6(1). С. 120—125.
10. Balamurugan S., Mayank D. Lad, Vilas G. Gaikar, Ashwin W. Patwardhan. Hydrodynamics and mass transfer characteristics of gas—liquid ejectors. *Original Research Article Chemical Engineering Journal*. 2007. Vol. 131, Issues 1—3. P. 83—103.
11. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. Москва: Химия, 1984. 250с.
12. Dos Santos F., Le Moynes L. Spray Atomization Models in Engine Applications, from Correlations to Direct Numerical Simulations. *Article in Oil & Gas Science and Technology*. 2011. Vol. 66, Issue 5. P. 801—822.
13. Manish Jaina, Benny Johnb, Iyera K.N., Prabhu S.V. Characterization of the full cone pressure swirl spray nozzles for the nuclear reactor containment spray system. *Nuclear Engineering and Design*. 2014. Vol. 273. P. 131—142.
14. Ponomarenko V., Pushanko N. Sprays fluid: an effective way to intensify the processes in the food industry. *LAP LAMBERT Academic Publishing ist ein Imprint der / is a trademark of OmnisScriptum GmbH & Co. KG Saarbrücken*. 2015. P. 121. ISBN: 978-3-659-70944-9.
15. Аркадов Ю.К. Новые газовые эжекторы и эжекционные процессы. Москва: Издательство физико-математической литературы, 2001. 336 с.
16. Цегельский В.Г. Двухфазные струйные аппараты. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 408 с.
17. Симаков Н.Н. Кризис сопротивления капель при переходных числах Рейнольдса в турбулентном двухфазном потоке факела распыла механической форсунки. *Журнал технической физики*. 2004. Т. 74, № 2. С. 46—51.
18. Симаков Н.Н. Расчет сопротивления и теплоотдачи шара обтекающему газу в цилиндрическом канале. *Журнал технической физики*. 2016. Т. 86, № 9. С. 32—38.

THE PLATE-TYPE APPARATUSES AND THEIR IMPROVEMENT

A. Martseniyk, I. Malejik, L. Zotkina
National University of Food Technologies

Key words:

Contact of phases
Mass transfer
Foamy regime
Plate-type apparatuses
Improvement

Article history:

Received 12.03.2019
Received in revised form
05.04.2019
Accepted 22.04.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The examples of the devices with plates with the counterflow which work in conditions of contact of phases in the most intensive foamy regime are considered. Possible variants of improvement of plate-type devices are shown: increase of a layer of foam on the plates, use of the ballast valves and inclined valves with different height of the holding legs, maintenance of a guaranteed layer of a liquid on plates, application of additional zones of contact of phases, use of cross-stream motion on plates with scales, slot tings and with inclined plates, change a direction of movement of phases, the deceleration or initial acceleration of speed of current of a liquid on plates, use of the pseudo liquated layer of a nozzle, the vibration mixing and the specially developed contact devices for realization of cyclic movement of phases.

In a cyclic mode two periods of work of plates are consistently replaced: longer period (for example, 20...30 s) of gas phase through the constant volume of liquid on a plate and the short period (3...5 s) of drain of liquid to the lower plate during stopping of delivery of gas. It promotes almost full achievement of phase balance on each plate.

The increase in relative speed of movement of streams at plates over optimum is not expedient as dissipative losses begin raise more, than the speed of interphase transfer raises. The significant effect on improvement of plates is not predicted, but their structure and service become complicated. Therefore, in the nearest decades the efficiency of work of plate columns needs to be promoted due to a correct choice and application of already existent apparatuses and use of optimum regimes of their work. At development of new designs of plates, it is necessary to be based on ideas of creation of fundamentally new conditions of phases contact and to prove economic benefit of their introduction.

ТАРІЛЧАСТІ АПАРАТИ ТА ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

О.С. Марценюк, І.Ф. Малезик, Л.В. Зоткіна

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто приклади будови протитечійних тарілчастих апаратів, які працюють в умовах контактування фаз у найбільш інтенсивному пінному режимі. Показані можливі варіанти удосконалення тарілчастих апаратів за допомогою збільшення шару піни на тарілках, використання баластних і нахилених клапанів з різною висотою утримувальних ніжок, підтримання гарантованого шару рідини на тарілках, застосування додаткових зон контакту фаз, використання перехресно-струминного руху на тарілках з лускою, просічками та нахиленими пластинами, зміни напрямку руху фаз, підгальмування або початкового розгону швидкості течії рідини на тарілках, використання псевдозрідженого шару насадки, віброперемішування та спеціально розроблених контактних пристроїв для реалізації циклічного руху фаз.

У циклічному режимі послідовно змінюються два періоди роботи тарілок: більш тривалий період (наприклад 20...30 с) барботажу газової фази крізь утримуваний на тарілці незмінюваний об'єм рідини і короткий період (3...5 с) зливання рідини на нижню тарілку під час припинення подачі газу. Це сприяє майже повному досягненню фазової рівноваги на кожній тарілці.

Збільшувати відносну швидкість руху потоків на тарілках понад оптимальну практично недоцільно, оскільки дисипаційні втрати починають зростати інтенсивніше, ніж підвищується швидкість міжфазового перенесення. Удосконалення тарілок значного ефекту не дає, але ускладнюється їхня будова й обслуговування. Тому в найближчі десятиріччя ефективність роботи тарілчастих колон варто підвищувати за рахунок правильного вибору і застосування вже існуючих апаратів і використання оптимальних режимів роботи. В основі розроблення нових конструкцій тарілок лежать ідеї створення принципово нових умов контактування фаз. Також варто ретельно обгрунтовувати економічний ефект від їх впровадження.

Ключові слова: контактування фаз, масообмін, пінний режим, тарілчасті апарати, удосконалення.

Постановка проблеми. Тарілчасті протитечійні апарати (абсорбційні і перегонні колони) відносять до барботажних, у яких газова (парова) фаза продувається крізь шар рідини й обмінюється з нею компонентами. Ці апарати застосовують переважно у разі потреби здійснити більше 4...5 теоретичних ступенів контакту при переробці як легко-, так і важкорозчинних компонентів у досить широкому діапазоні навантажень по рідині і газу. Вони прості за будовою, зручні в обслуговуванні, мають помірний гідравлічний опір, невелику матеріаломісткість на одиницю маси перероблюваного продукту.

Залежно від швидкості (витрати) газу та будови тарілок, отвори яких виконують роль барботерів, спостерігаються три основні гідродинамічні режими роботи барботажних апаратів: бульбашковий, пінний, струминний [1].

Бульбашковий (барботажний) режим реалізується при невисоких швидкостях (до 0,3...0,4 м/с) пропускання газу крізь шар рідини і характеризується утворенням окремих бульбашок газу. В момент відривання від отворів барботера бульбашки газу отримують інерційні коливальні імпульси і під час спливання продовжують коливатись (пульсують) в усіх координатних напрямках. Хаотичний коливальний рух бульбашок та їх міжфазної поверхні сприяє перемішуванню газу як всередині бульбашок, так і в прилеглих шарах рідкої фази і прискорює масообмін. Спливаючи на поверхню рідини бульбашки руйнуються з утворенням дрібних бризок. Щоб бризки осідали і не виносились на верхні тарілки, над контактною зоною тарілок незалежно від режиму контактування фаз повинен бути вільний сепараційний простір.

Пінний режим настає при збільшенні швидкості газу й утримується в діапазоні швидкостей газу від 0,4 до 3,0 м/с. Газовий потік рухається у вигляді дрібних змішаних з рідиною струменів та окремих бульбашок і утворює на тарілці суцільну рухливу піну з розвинутою безперервно оновлюваною поверхнею контакту внаслідок інтенсивної взаємодії фаз. У цьому режимі динамічні сили газового потоку значно перевищують сили поверхневого натягу і створюють інтенсивні коливально-пульсаційні рухи.

Струменевий режим утворюється при подальшому збільшенні швидкості газу до значень, при яких ці струмені пронизують шар рідини і вириваються на поверхню над рідиною. Утворення нерівномірно пульсуючих струменів збільшеного розміру призводить до зменшення поверхні контакту і зниження інтенсивності масообміну.

Найінтенсивніше фази контактують у зонах утворення нової міжфазної поверхні на початкових ділянках руху газорідної суміші біля полотна тарілки. Тому на тарілках підтримують шар рідини висотою до 60—70 мм, а тарілки розміщують одна над одною.

Мета статті: на основі аналізу сучасного стану розвитку тарілчастих масообмінних колон визначити перспективні напрямки збільшення ефективності їх роботи на найближчі десятиріччя.

Викладення основних результатів дослідження. Тарілчасті апарати працюють в умовах контактування фаз у найбільш інтенсивному режимі з рухливою піною. Особливістю цих апаратів є те, що тарілки розділяють об'єм апаратів на окремі досить ізольовані зони, між якими слабо передаються інтенсифікуючі фактори, які можуть бути використані в апаратах з суцільним об'ємом рідини: низькочастотні гідродинамічні коливання, акустичні і кавітаційні впливи, коливання від роторно-пульсаційних пристроїв, електричні і магнітні поля. В газорідних емульсіях, що утворюються на тарілках, швидко розсіюється підведена енергія і затухають коливальні явища. Підводити додаткові коливання окремо на кожну тарілку технічно незручно й економічно недоцільно, оскільки тарілчасті апарати вже працюють в інтенсивному коливально-пінному режимі, а накладання додаткових коливань на спонтанно існуючі у пінному режимі пульсації не дає відчутного зростання інтенсивності контактування фаз.

Використовують апарати з ситчастими, ковпачковими, клапанними, лускатими, S-подібними, комбінованими та іншими типами тарілок. За способом

перетікання рідини з тарілки на тарілку розрізняють тарілки провального типу та з переливними пристроями. В апаратах з тарілками провального типу (ситчастими, решітчастими) газ і рідина рухаються протитечійно крізь одні й ті ж самі отвори в полотні тарілок і контактують в зоні отворів і в зоні рідини над отворами з утворенням на тарілках шару піни. Підтримування оптимальної висоти піни вимагає досить точного регулювання витрат фаз, що не завжди зручно. При зниженні витрат газу висота піни зменшується й ефективність контактування знижується.

Переливні пристрої значно спрощують регулювання шару піни на тарілках і сприяють збільшенню діапазону їх стійкої роботи. Рівень переливних пристроїв (зливних стаканів, переливних перегородок, коробок) дає змогу підтримувати потрібну висоту шару піни. Цю висоту збільшують підвищенням висоти розміщених у середині корпусу апарата переливних порогів, або організацією підпору піни за допомогою розміщених зовні циліндричного корпусу апарата переливних коробок, в яких піна додатково руйнується. Сітчасті апарати з переливними коробками працюють у більш широкому діапазоні навантажень. Але при зниженні витрат газу та при тимчасовому його відключенні рідина провалюється крізь отвори тарілок і подальше відновлення робочого режиму вимагає певного часу. Провал рідини попереджують за допомогою клапанів.

В апаратах з клапанними тарілками отвори тарілок перекривають клапанами, ступінь відкриття яких залежить від навантажень по газу. При малих навантаженнях клапани відкриваються не всі або відкриваються неповністю і живий переріз для проходження газу змінюється пропорційно його витраті. У міру збільшення навантажень відкривається все більша частина клапанів і швидкість газу в отворах залишається приблизно однаковою, забезпечуючи стійку роботу тарілок без провалу рідини. У певних діапазонах навантажень та при пульсуючій подачі газу спостерігається вібрація (періодичне відкриття і закривання) клапанів, що створює додаткові пульсації шару піни на тарілках.

Залежно від будови клапанів і наявності переливних пристроїв може бути організований протитечійний, перехресний і перехресно-прямотечійний рух фаз на тарілках. Тарілки без переливних пристроїв з симетричними клапанами у вигляді круглих або прямокутних пластин з обмежувачами висоти їх піднімання можуть працювати у протитечійному режимі: тобто газ і рідина можуть контактувати, проходячи крізь одні й ті ж отвори. Цей режим нестійкий, оскільки рівномірність течії спонтанно порушується і рідина починає зливатись через повний переріз одних отворів, а газ проходить переважно через повний переріз інших отворів із більш легкими клапанами або над якими встановлюється дещо менший рівень газорідинної суміші.

Застосування переливних пристроїв ліквідує недоліки протитечійного режиму і змінює режим контактування фаз на перехресний (рідина рухається вдовж тарілки, а газ вертикально барботує крізь її отвори) з більш широким діапазоном стійкої роботи. Для подальшого збільшення діапазону робочих навантажень використовують клапани з баластними пристроями. Під час зростання витрати газу клапан спочатку піднімається на невелику висоту, впираючись у

баласт, а при збільшенні витрати піднімається вище разом з баластом, забезпечуючи стійку роботу при кількарізній зміні навантажень по газу.

Утримувати гарантований шар рідини на тарілках і швидко вводити апарат у робочий режим при очищенні періодичних викидів газів дає змогу комбінована клапанно-сітчаста тарілка з двома зонами контакту (рис. 1). Тарілка [2] складається з двох горизонтальних полотен: нижнього, виконаного у вигляді клапанної тарілки, і верхнього — у вигляді сітчастої тарілки. Клапанна тарілка підтримує гарантований шар піни і сприяє рівномірному розподілу барботуючого газу, який при надходженні в апарат відкриває клапани і вступає в контакт з рідиною. Полотно сітчастої тарілки створює додаткову зону інтенсивного контактування фаз.

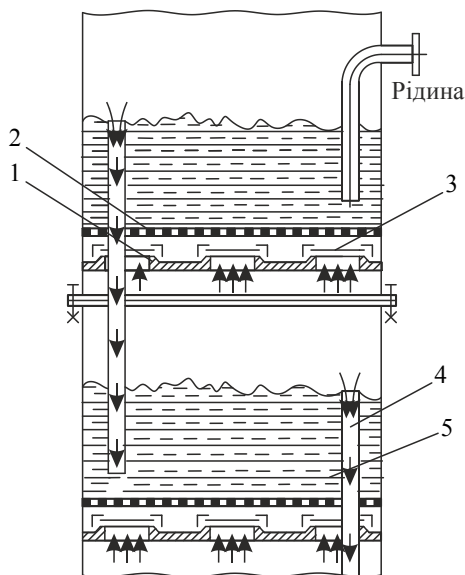


Рис. 1. Схема клапанно-сітчастої тарілки з двома зонами контакту фаз:
 1 — полотно клапанної тарілки; 2 — полотно сітчастої тарілки; 3 — клапан; 4 — переливна труба; 5 — шар піни

При припиненні подачі газу клапани під дією тиску маси рідини закриваються й утримують рідину на тарілках до наступного надходження газу. У робочому режимі перетікання рідини здійснюється переливними трубами.

Для роботи апаратів з клапанними тарілками у перехресно-прямотечійному режимі використовують клапани з різною висотою утримувальних ніжок. Внаслідок зміщення центру тяжіння в бік видовжених ніжок у перший момент подачі газу відкривається той бік клапана, де розміщена коротка ніжка. Після того, як коротка ніжка досягне фіксатора, розміщеного на полотні тарілки, клапан приймає спочатку горизонтальне, а потім нахилене положення. В робочому режимі спінена газорідинна суміш рухається вздовж полотна тарілки під дією струменів газу, які вириваючись під кутом, пронизують потік рідини і проштовхують його до зливного пристрою.

Перехресно-струминний режим руху зручно створювати за допомогою лускатих тарілок (рис. 2) і тарілок з нахиленими пластинами. У цьому режимі швидкість руху рідини на тарілках прискорюється, що дає змогу не лише збільшувати навантаження по рідкій і газовій фазах, а й перероблювати рідини з вмістом твердої фази та знизити поздовжнє перемішування рідини. Найчастіше використовують луску арочного типу та з тристороннім прорізом, розміщену на тарілці в шаховому порядку. Для підтримання рівня рідини на тарілці встановлюють переливні пороги над зливним сегментом або стаканом.

Під час перехресно-струминного режиму руху кінетична енергія газу використовується для організації і прискорення руху рідкої фази, оскільки вектор швидкості газу, що виходить з-під луски, спрямований під кутом до горизонту в бік руху рідини. Диспергована рідина у вигляді струменів піни, бризок і крапель рухається над тарілкою в завислому або напівзавислому стані. За переливним порогом в кінці тарілки рідина вдаряється об стінку колони, відокремлюється від газової фази і потрапляє в приймальний карман зливного пристрою.

В апаратах діаметром менше 1200 мм ефективність роботи може знижуватись внаслідок малої тривалості контакту газу з рідиною. Запобігають цьому частковою затримкою рідини за допомогою спрямування певної частини луски протилежно до руху газорідинного потоку, а також встановленням перегородок та відбійників.

На рис. 2 показані схеми звичайної лускатої тарілки та тарілки з підгальмовуванням швидкості газорідинної суміші, над лускою якої встановлені суцільні зигзагоподібні смуги невеликої висоти. Верхня частина потоку удається об ці смуги, внаслідок чого збільшується час контактування і додатково оновлюється поверхня контакту фаз.

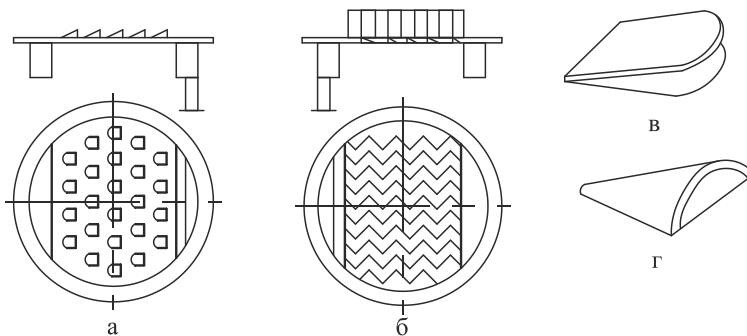


Рис. 2. Луската тарілка звичайна (а) та з підгальмовуванням течії (б) з лускою тристороннього прорізу (в) або арочного типу (г)

В апаратах з тарілками системи Кіттеля замість луски використовують просічки з нахиленими отворами. Використовують різні варіанти напрямку відхилення отворів у межах окремої розділеної на сектори тарілки, та різну компоновку тарілок (виконаних у вигляді штампованих металевих решіток). Наприклад, з метою посилення турбулізації фаз встановлюють попарно тарілки, на одній з яких організують доцентровий потік, а на сусідній — від-

центровий, а між парами тарілок розміщують бризковловлювальні решітки з більш крупними штампованими отворами, спрямованими таким чином, щоб забезпечити обертання парогазового потоку в бік, протилежний обертанню на суміжній відцентровій решітці. З метою додаткової затримки рідини замість бризковловлювальної решітки встановлюють тарілки з кільцями Рашига.

На полотні тарілок з нахиленими пластинами перехресно-струминний рух створюється поступово: біля входу на тарілку спостерігається ділянка розгону рідини, де рідина внаслідок її ще недостатньої швидкості і аерації частково провалюється в отвори між першими двома-трьома пластинами. З метою надання рідині початкової швидкості і ліквідації часткового провалу рідини при вході на тарілку встановлюють нахилений відбійник (рис. 3) [3]. Розігнавшись під час стікання по відбійнику, рідина хвилеподібно переходить з пластини на пластину і на відрізках шляху між горизонтальними ділянками пластин рухається у вигляді струменів, контактуючих з парогазовим потоком.

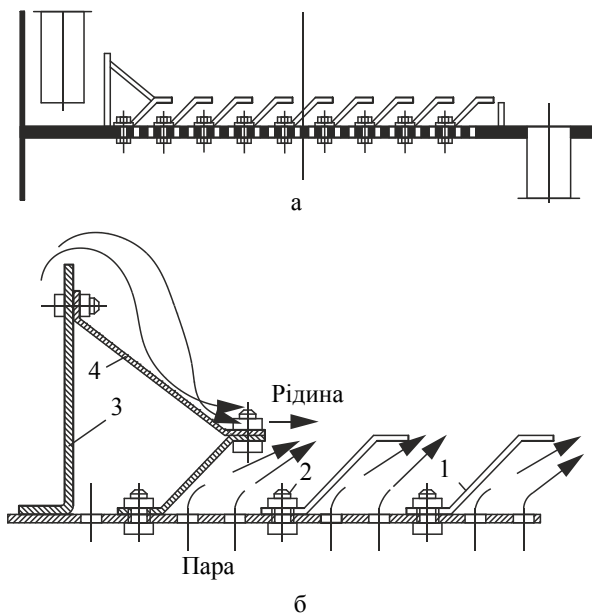


Рис. 3. Схема перехресно-струминної тарілки з нахиленими пластинами:
 а — загальний вигляд; б — схема руху потоків на початковій ділянці тарілки: 1 — нахилена пластина; 2 — болт; 3 — переливна перегородка; 4 — відбійник для розгону рідини

До тарілчастих можна віднести й абсорбери з псевдозрідженою насадкою. Вони можуть працювати при підвищених навантаженнях по газу і завдяки руху й ударам тіл насадки практично виключають забивання осадами робочої зони при роботі із забрудненими продуктами, навіть коли в процесі хемосорбції відбувається утворення твердої фази.

Відомі два основні режими роботи таких апаратів: з псевдозрідженою і з плаваючою насадкою [4]. В першому режимі насадка під впливом потоку газу утворює високорухливий псевдозріджений шар, який заповнює весь робочий об'єм між тарілками (решітками) й утримується від можливого винен-

сення розміщеною вище тарілкою або обмежувальною решіткою. При подальшому підвищенні швидкості газу настає режим роботи з плаваючою насадкою, при якому насадка притискується до обмежувальної решітки, але під впливом зрошувальної рідини, що надходить згори, верхня частина шару насадки відтискується вниз і утворює рухливий плаваючий під решіткою псевдозріджений шар з інтенсивним контактуванням фаз. Абсорбер, що працює в режимі з плаваючою насадкою, показано на рис. 4. Це також робочий режим, але краще апарат працює в режимі рівномірного псевдозрідження з заповненням насадкою всього об'єму секцій без утворення шару плаваючої насадки.

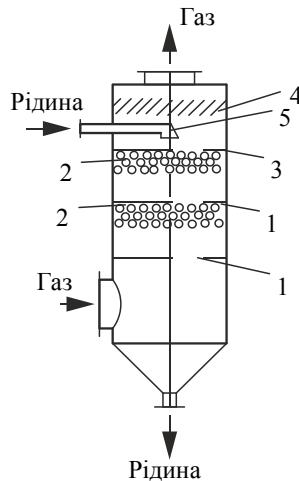


Рис. 4. Абсорбер з плаваючою насадкою: 1 — опорно-розподільна решітка; 2 — кульова насадка; 3 — обмежувальна решітка; 4 — бризковловлювач; 5 — зрошувач

У спокійному стані нерухома насадка займає 10...20% висоти секцій між решітками. Як насадкові тіла використовують переважно порожнисті або суцільні кулі з поліетилену та інших пластичних мас, а також з пористої гуми діаметром від 4 до 100 мм і густиною від 100 до 900 кг/м³ та тіла іншої форми, наприклад, кільця. Швидкість газу може змінюватися від 1,5 до 9,0 м/с, щільність зрошення — від 5 до 200 м³/(м²год). Абсорбери з псевдозрідженою насадкою виготовляє фірма «KAVAS» (Німеччина).

Розроблена [5] конструкція абсорбера, який може працювати одночасно в режимі з псевдозрідженою і плаваючою насадкою. В такому апараті використовується ефект замикання (закривання) отворів решітки тілами насадки при розширенні псевдозрідженого шару і притисканні знизу тіл насадки до верхніх решіток.

З цією метою форму отворів і їх розміщення в решітках та форму тіл насадки підбирають так, щоб насадка при розширенні повністю перекрила всі отвори. Наприклад, у разі застосування насадкових тіл у формі куль, в опорно-розподільній решітці виконують круглі отвори, діаметр яких менший від діаметра куль і центри яких розміщені на більшій від діаметра куль відстані

так, щоб при притисканні куль до решітки тіла насадки повністю закрили круглі отвори, не заважаючи одне одному перекрити «свій» отвір. При великій швидкості газового потоку відбувається повне замикання знизу верхньої опорно-розподільної решітки тілами насадки.

Апарат працює таким чином: при збільшенні витрати газу за одночасної подачі в абсорбер зрошувальної рідини розміщена на решітці нерухома насадка переходить у псевдозріджений шар, причому кожному значенню швидкості газу відповідає своя висота шару. Після заповнення всього об'єму секції абсорбера, елементи рухомої насадки притискаються до верхньої решітки і повністю закривають її отвори.

Повне закривання знизу отворів решітки призводить до припинення надходження газу і падіння швидкості газу до нуля, внаслідок чого всі тіла насадки під дією своєї ваги і ваги рідини над ними відтискуються вниз. Рухаючись вниз вони підхоплюються вихорами потоку газу, що рухається назустріч, переходять в активний псевдозріджений стан в усьому об'ємі секції, співударяючись одне з одним і забезпечуючи інтенсивну взаємодію потоків рідини й газу. При цьому відбувається розширення псевдозрідженого шару.

Коли висота розширеного шару стає рівною висоті секції абсорбера, отвори опорно-розподільної решітки знову закриваються елементами насадки і цикл повторюється. При цьому елементи рухомої насадки отримують імпульс вертикальної складової швидкості газу, яка внаслідок турбулентного руху періодично змінює напрямок. Псевдозріджений шар ніби «струшується», отримуючи періодичні пульсації.

Хаотичний рух елементів насадки з їх ударами між собою, зі струменями рідини та зі стінками апарата збільшує поверхню контакту потоків та інтенсифікує гідродинамічну взаємодію фаз. Діапазон навантажень абсорбера по газу може змінюватись у широких межах від мінімальної швидкості початку псевдозрідження до швидкостей газу, що відповідають режиму плаваючої насадки. Розширюється також і робочий діапазон зміни густини зрошення. Пульсуючі рухи елементів насадки ефективно розбивають газові бульбашки, що виникають у псевдозрідженому шарі. Підвищується продуктивність абсорбера, оскільки псевдозріджений шар займає весь внутрішній об'єм секції абсорбера від нижньої опорно-розподільної решітки до верхньої.

Отвори в опорно-розподільній решітці можуть бути виконані у формі кола — для сферичної насадки, правильного трикутника — для насадки у формі кубів або додекаедрів, квадрата — для тетраедрів, правильного п'ятикутника — для насадкових тіл у формі ікосаедрів.

Відомий також апарат з вібраційною системою перемішування, використаний у якості ферментатора для культивування мікроорганізмів [6; 7]. В середині корпусу апарата (рис. 5) розміщено вертикальний штوك із закріпленими на ньому рухомими дисками з соплоподібними отворами. Шток виконує поступально-зворотні (вібраційні) рухи. Під рухомими дисками до корпусу прикріплені нерухомі пластини з соплами, розміщеними співвісно з соплоподібними отворами. Рухомий диск і розміщена під ним нерухома пластина в парі утворюють віброперемішувальний пристрій. Під нижній такий пристрій через барботер підводиться повітря.

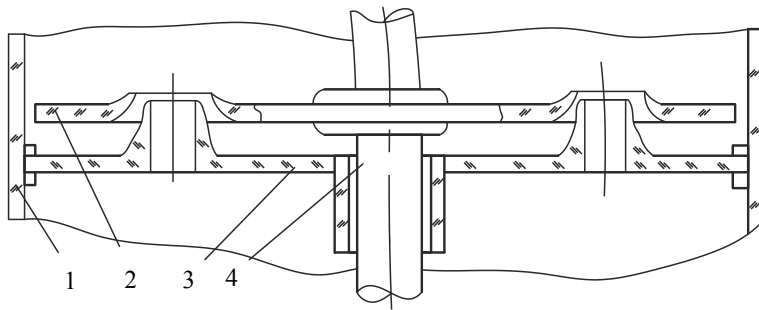


Рис. 5. Схема будови віброперемішувального пристрою з соплами:
1 — корпус; 2 — рухомий диск із соплоподібними отворами; 3 — нерухома пластина з соплами; 4 — віброшток

Апарат, зображений на рис. 5, 6, працює таким чином: під час руху диска вгору за напівперіод коливань рідина через отвори і бічні зазори між отворами і соплами надходить у простір між диском і пластиною та в сопла, при цьому швидкість руху рідини у соплах вища від швидкості піднімання газової фази і вона притримує газ під нижньою нерухомою пластиною. В наступний напівперіод, під час руху віброуючого диска вниз, рідина крізь зазори між соплами й отворами з великою швидкістю витискується вгору, захоплюючи газову фазу. При цьому утворюється диспергованатороподібна газорідинна структура, яка за формою нагадує кільця диму в повітрі.

Завихрення відриваються від отворів при досягненні диском крайнього нижнього положення. Під час руху утвореної тороподібної структури радіус вихрового кільця збільшується, кільце розтягується. У міру віддалення від сопла кільцевий вихор розпадається і його локальний газовміст знижується. Ефективне диспергування газової фази збільшує загальний газовміст системи.

Збільшення газовмісту та інерційна складова коливань позитивно діють на культуру мікроорганізмів, впливаючи на примежові шари поблизу скупчення клітин мікроорганізмів і посилюючи масовіддачу. Інтенсифікація процесу пов'язана з додатковим введенням енергії. Використання віброперемішувальних пристроїв дає змогу за рахунок більш рівномірного розподілення збільшити кількість енергії, що вкладається в одиницю робочого об'єму апарата.

В описаних вище тарілчастих апаратах міжфазна рівновага на тарілках не досягається, оскільки рідина під час перетікання з тарілки на тарілку переміщується в поздовжньому напрямку (замість дотримання режиму ідеального витіснення), а тривалість контакту між рідиною і газом часто недостатня. Тому запропоновано принципово новий спосіб підвищення ефективності роботи колон шляхом переходу до роботи в циклічному режимі при використанні тарілок провального типу. Реалізувати циклічний спосіб роботи колон вдалося лише в останнє десятиріччя завдяки розробленню спеціальних контактних пристроїв [8].

За цим способом з тарілки на тарілку періодично перетікає весь об'єм рідини, не змішуючись із рідиною, яка була на тарілці раніше, тобто рідина між тарілками рухається у режимі ідеального витіснення. Перебуваючи на

тарілці рідина ідеально перемішується, контактуючи з парогазовою фазою. Під час перетікання рідини з тарілки на тарілку подача пари припиняється. Рідина подається в колону безперервно, а керування режимом її течії здійснюється за допомогою пари, періодичність подачі якої задається системою автоматики. Перетікання рідини під час подачі пари виключається використанням швидкостей пари, які перевищують швидкість захлинання, а перемішування рідини на суміжних тарілках під час її перетікання виключається за допомогою використання шлюзової камери, розміщеної під тарілкою. Контактний пристрій включає два полотна: барботаже полотна тарілки з контактними елементами і розміщене нижче полотно шлюзової камери.

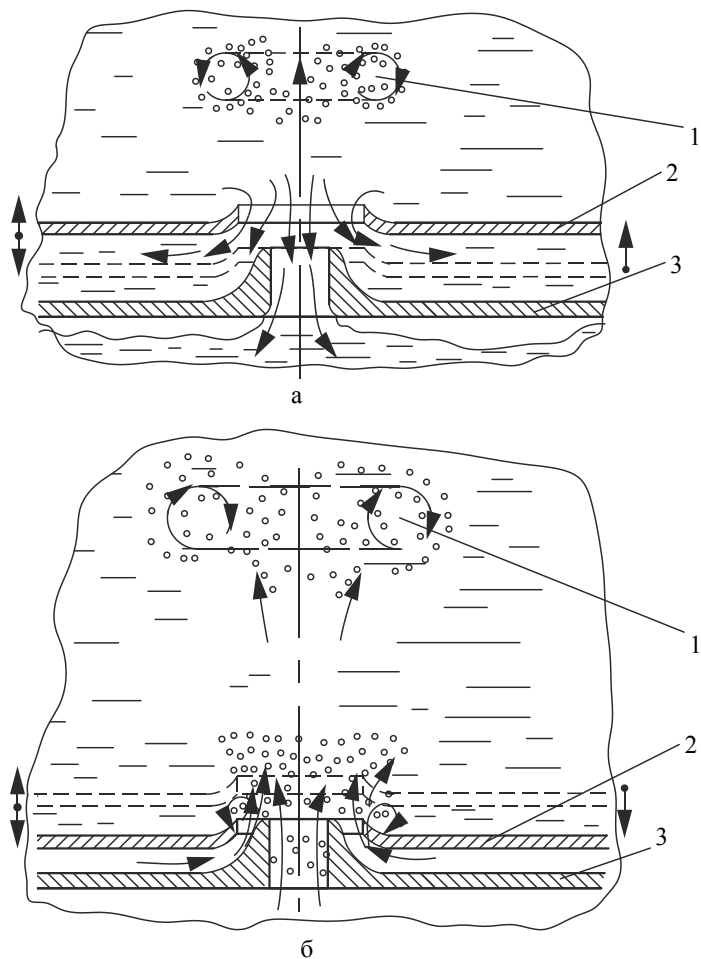


Рис. 6. Схема утворення тороподібних газорідинних структур під час роботи віброперемішувального пристрою із соплами: а — рух диска вгору; б — рух диска вниз; 1 — тороподібна структура; 2 — рухомий диск; 3 — нерухома пластина

Кожний цикл роботи колони, тобто інтервал часу від моменту початку подачі пари до наступного моменту початку подачі пари, складається з двох

періодів: періоду подачі пари, коли відбувається масообмін між парою і рідиною в режимі ідеального перемішування (наприклад, 30 с), і періоду переливання рідини на нижню тарілку в режимі ідеального витіснення (наприклад, 3 с). Експлуатація колони з 15 тарілками показала, що всі тарілки в колоні працюють одночасно без запізнення роботи верхніх тарілок при подачі пари знизу. Підвищена (в 1,5...2,0 рази) ефективність використання циклічного режиму підтверджена на прикладах концентрування домішок етанолу в колонах, що входять до складу брагоректифікаційних установок.

Запропоновані також інші варіанти будови контактних пристроїв для забезпечення циклічних режимів роботи колон. Заслуговує на увагу апарат з приводом зміни положення переливних клапанів за допомогою механічних тяг, встановлених вгорі колони [9]. У цьому апараті почергово працюють усі парні, а потім усі непарні тарілки.

Досвід експлуатації технологічних апаратів показує, що в газорідних системах найшвидше відбувається і найлегше інтенсифікується перенесення кількості руху, важче переноситься теплота і найповільніше проходять дифузійні процеси. Оскільки процеси перенесення взаємопов'язані, то загальноприйнятими способами прискорення масообміну є турбулізація потоків і диспергування робочого середовища з метою зменшення відстані дифузійного перенесення компонентів.

У тарілчастих колонах, які працюють у пінному режимі, інтенсивне диспергування та тісне контактування середовищ значною мірою вже досягнуто. Збільшувати ступінь диспергування за рахунок підвищення відносної швидкості потоків понад оптимальну не доцільно, оскільки дисипаційні втрати починають зростати інтенсивніше, ніж збільшується швидкість міжфазного перенесення, а в дуже дрібних частинках рідин і газів розміри примезових шарів стають сумірними з розмірами частинок і основна частка опору дифузійному перенесенню концентрується в зоні повільної молекулярної дифузії. Крім того, підвищення швидкостей потоків супроводжується посиленням зростанням гідравлічного опору та необхідністю збільшувати висоту сепараційного простору над зонами контакту. Подальше удосконалення тарілчастих апаратів часто вимагає значного ускладнення їх будови та обслуговування за незначного підвищення ефективності їх роботи.

З метою оцінки доцільності удосконалення тарілчастих колон було проведено порівняння витрат на розділення в ректифікаційній колоні, обладнаній найбільш ефективними базовими тарілками й ідеальною тарілкою [10]. За базову була прийнята клапанна баластна тарілка з розширеним діапазоном навантажень, а за ідеальну тарілку прийнята гіпотетична конструкція, що має найбільшу постійну ефективність розділення в усьому робочому інтервалі навантажень, мінімальний гідравлічний опір і вирізняється простотою виготовлення, низькою металомісткістю і вартістю на рівні звичайної ситчастої тарілки.

Розрахунки за програмою оптимізації на прикладі атмосферної колони розділення сирої нафти показали, що використання ідеальної тарілки дає змогу знизити виробничі витрати на розділення лише на 15,5% порівняно з базовою моделлю. Це підтверджує думку про те, що резерви підвищення

ефективності тарілчастих апаратів за рахунок удосконалення будови тарілок незначні, тому потрібно ретельно оцінювати витрати на розроблення нових конструкцій і освоєння виробництва та порівнювати їх з можливим економічним ефектом.

Висновки

Підвищувати ефективність роботи тарілчастих колон передусім варто не за рахунок ускладнення їх будови, а на основі правильного вибору і застосування вже існуючих апаратів та використання оптимальних режимів їх роботи, а також заміною існуючих традиційних колон більш прогресивними конструкціями. В основі розроблення нових конструкцій тарілок лежать ідеї створення принципово нових умов контактування фаз. Також варто ретельно обґрунтовувати економічний ефект від їх впровадження.

Література

1. Рамм В.М. Абсорбция газов. М., Химия, 1976. 665 с.
2. Оборудование для санитарной очистки газов: Справочник / И.Е. Кузнецов, К.И. Шмат, С.И. Кузнецов; Под общей ред. д-ра техн. наук И.Е. Кузнецова. К.: Техника, 1989. 304 с.
3. Анистратенко В.А., Меньяло П.И. Модернизация ситчатых тарелок. *Научно-техн. реф. сб.: Химическое и нефтяное машиностроение*. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1979, № 4, С. 3—4.
4. Замирян А.А., Рамм В.М. Абсорберы с псевдооживленной насадкой. М.: Химия, 1980. 184 с.
5. Патент RU2125479, B01D 47/14, B01J 19/30, B01J 19/32. Абсорбер с псевдооживленной насадкой/ Беккер В.Ф. Акционерное товарищество «Уралкалий»; заявл.18.02.1997, опубл. 27.01.1999.
6. Карлаш Ю.В. Исследование закономерностей интенсификации газожидкостных массообменных процессов в ферментаторах с виброперемешивающими устройствами // Автореф. дис. к.т.н., 05.18.12. / Киевский ордена Трудового Красного Знамени технол. ин-т пищевой пром-ти. К., 1986. 24 с.
7. Карлаш Ю.В., Лобода П.П., Стабников В.Н. Исследование гидродинамики и массопередачи в аппаратах с вибрирующей насадкой абсорбции кислорода. Респ. межвед. Научно-техн. сб.: *Пищевая пром-ть*, К.: Техника, 1983, вып. 29. С. 38—42.
8. Maleta B., Kiss A., Taran V., Maleta V. Understanding process intensification in cyclic distillation systems. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. (USA). July 2011. Volume 50, Issue 7. P. 655—664.
9. Булій Ю.В., Шиян П.Л., Дмитрук П.А., Малигін А.І. Іновативна технологія вилучення та концентрування органічних домішок спирту в режимі керованої ректифікації. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2013. 43. С. 38—50.
10. Лебедев Ю.Н., Мамонтов Г.В. Возможности и пути совершенствования массообменных колонных аппаратов. Тезисы докладов VI Всесоюз. конфер. по теории и практике ректификации. Северодонецк, 1991. С. 214—216.

THERMODYNAMIC EVALUATION OF SECONDARY ENERGY RESOURCES RECUPERATION PROCESSES

O. Shevchenko, A. Sokolenko, O. Stepanets, S. But

National University of Food Technologies

Key words:

Recuperation
Secondary steam
Thermodynamics
Energy resources
Potential
Thermocompression

Article history:

Received 14.03.2019
Received in revised form
02.04.2019
Accepted 23.04.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article gives a theoretical generalization of the provisions concerning the recovery of energy resources in the systems of generation of secondary vapor. On the example of the brewpartition of breweries, there is shown the existence of a contradiction through which the technological excess of the liquid fraction evaporating in the suspension apparatus arises in connection with the introduction of flushing water into the system of filtering congestion for the in-depth extraction of extractives. The impossibility of abandoning the last process led to the need to neutralize the ultimate disadvantage due to the recovery of the energy potential of the generated secondary vapor.

Secondary steam obtained in the technologies of food, microbiological and chemical industries is a carrier of deterministic energy flows, which are relatively simple technical systems subject to thermodynamic transformations with transfer to higher potential levels.

The transfer of input streams of secondary vapor to higher values of pressure and temperature mean the possibility of their use as a primary energy carrier. The choice of increasing pressure means simultaneously increasing the energy consumption for compressing the steam fraction and the temperature difference on the heat transfer surface. The latter means the possibility of applying a wide range of thermodynamic parameters.

The use of an ejection thermocouple is accompanied by the interaction of two input vapor flows in the stream of the primary energy source and the secondary vapor stream, the combination of which leads to the formation of a flow of steam mixture, which is directed to condensation. Such interaction is accompanied by the ratios of material flows in inverse proportion to the heat of steam generation.

Calculations and numerical parameters are also related to estimation of the potential of heat energy returned to the system and energy costs for its implementation are given. The calculation dependences concerning cases of mechanical and thermal compression are given.

ТЕРМОДИНАМІЧНА ОЦІНКА ПРОЦЕСІВ РЕКУПЕРАЦІЇ ВТОРИННИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

О.Ю. Шевченко, А.І. Соколенко, О.І. Степанець, С.А. Бут
Національний університет харчових технологій

У статті проведено теоретичне узагальнення положень щодо рекуперації енергетичних ресурсів у системах генерування вторинної пари. На прикладі варильних відділень пивзаводів показано існування протиріччя, через яке технологічний надлишок рідинної фракції, що випаровується в суслварильному апараті, виникає у зв'язку з введенням у систему промивних вод при фільтрації заторів для поглибленого вилучення екстрактивних речовин. Неможливість відмовитись від останнього процесу спричинила необхідність нейтралізації кінцевого недоліку за рахунок рекуперації енергетичного потенціалу генерованої вторинної пари.

Вторинна пара, одержана в технологіях харчових, мікробіологічних і хімічних виробництв, є носієм детермінованих енергетичних потоків, які відносно простими технічними системами підлягають термодинамічним трансформаціям з переведенням до рівнів більш високих потенціалів.

Переведення вхідних потоків вторинної пари до більш високих показників тиску і температури означають можливість їх використання в ролі первинного енергоносія. Вибір у бік збільшення тиску означає одночасно збільшення енерговитрат на стискання парової фракції і перепад температури на поверхні теплообміну. Останнє означає можливість застосування широкого діапазону термодинамічних параметрів.

Використання ежекційного термокомпресора супроводжується взаємодією двох вхідних парових потоків у складі потоку первинного енергоджерела і потоку вторинної пари, сукупність яких приводить до утворення потоку парової суміші, що спрямовується на конденсацію. Така взаємодія супроводжується співвідношеннями матеріальних потоків обернено пропорційними показникам теплоти пароутворення.

Також наведено розрахунки і числові параметри, які стосуються оцінок потенціалів теплової енергії, повернутої в систему, і енергетичних витрат на її здійснення. Наведено розрахункові залежності, що стосуються випадків механічної і термокомпресії.

Ключові слова: рекуперація, вторинна пара, термодинаміка, енергетичні ресурси, потенціал, термокомпресія.

Постановка проблеми. Аналіз більшості навіть достатньо досконалих технологій часто приводить до висновку про наявність у них невикористаних резервів і ресурсів. Інколи такі резерви були непоміченими під час створення технологій [1—4] чи не входили до числа їх завдань, або не були напрацьовані теоретичні розробки і практичні пропозиції, які могли б привести до одержання більш поглиблених результатів [5—7]. Відсутність об'єктивної оцінки важливості мінімізації питомих енергетичних витрат у різних галузях

промисловості в перебігу кількох десятиліть призвело виробництва в Україні до відомих негативних результатів.

Проте розвиток сучасних тенденцій в теорії енерго- і масообмінних процесів, як мінімум, відповідав і був паралельним загальносвітовим досягненням [8—10]. Готовність наукових кадрів, конструкторів і промисловців підтверджена результатами сприйняття новітніх технологій і обладнання. При цьому зрозуміло, що розрив між рівнями інтелектуальних напрацювань і їх реалізацією в технологіях завжди був і закономірно повинен існувати, оскільки він є рушійним фактором розвитку.

У спробі підтвердити останні положення звернемося до побіжного аналізу влаштування технологій і обладнання варильних відділень пивзаводів.

Наявність певного недоліку в тій або іншій частинах технології майже напевне вказує на необхідність подолання в ній протиріччя. Так, процес варіння пивного суслу потребує його інтенсивного кип'ятіння і випаровування до 10% рідинної фракції. Очевидно, що останнє обумовлено необхідністю доведення концентрації розчинених екстрактивних речовин до нормативних показників, які в середньому близькі до 13%. Вказаний надлишок рідинної фракції створюється цілком свідомо у зв'язку з бажанням поглибленого вилучення екстракту, представленого цукрами, із заторів у процесах їх фільтрації [11] за рахунок використання промивних вод. Саме останнє визначає кількість десятивідсоткового випару рідини. Дії, спрямовані на останній недолік, починаються з помелу солоду з досягненням певної структури. З одного боку, збільшення фракції борошна на етапі виготовлення мало б полегшити процес розчинення екстрактивних речовин і їх вилучення та переведення до розчину, але це привело б до ускладнень під час формування фільтраційного шару і загального результату. Тож протиріччя на межі вибору між високим виходом екстрактивних речовин і необхідністю обмеження енергетичних витрат на генерування випару є цілком усвідомленим. Вибір нейтралізації такого протиріччя в сучасних технологіях стосується ліквідації наслідків, а не першопричини. Його здійснено у напрямку створення ділянок для утилізації потенціалів генерованої вторинної пари. Її безпосередня конденсація або трансформація з підвищенням тиску і потенціалу застосовуються в енергозабезпеченні самого випару або для енергетичних потреб у паралельних процесах.

Трансформації вторинної пари з підвищенням її енергетичного потенціалу досягаються за рахунок механічної або термокомпресії, що означає додаткове введення в систему зовнішніх енергетичних потенціалів. Рівень доцільності таких трансформацій має принципове значення, а технічне виконання систем утилізації пов'язано з технологіями теплових насосів за наявності процесів випаровування, стискання парової фракції та конденсації за стабілізованого тиску.

Одночасно з цим, наприклад, використання потенціалу випару суслорильних апаратів для сушіння пивної дробини цього ж або попереднього циклу цілком вкладається в рамки існуючих технологій і відповідає сучасним запитам екології.

У зв'язку з викладеним вирішення завдання утилізації потенціалів вторинної пари в технологіях, де її генерування має місце, потребує відповідного інформаційного забезпечення щодо енергетичної й економічної доцільності.

Мета дослідження: теоретичне узагальнення, яке стосується термодинамічних трансформацій вторинної пари з підвищенням її енергетичного потенціалу і можливостей утилізації.

Матеріали і методи дослідження стосуються особливостей технологій харчових виробництв, положень термодинаміки в рамках її окремих частин, енергетичних і матеріальних балансів тощо.

Результати і обговорення. Значна кількість харчових технологій побудована на застосуванні режимів фазових переходів з генеруванням певних об'ємів водяної пари — носія теплоенергетичних потоків, які відносно просто підлягають термодинамічним трансформаціям. Останнім відповідають процеси стискання вторинної пари або змішування з певною часткою первинної, що приводить до підвищення ентальпії i'' . Порівнюючи явище стикання пари з процесами, що мають місце в тепловому насосі, відмітимо, що їх теоретичні енергетичні витрати відповідають різниці ентальпій за кінцевого і початкового тисків, тобто:

$$\Delta i'' = i''_{(к)} - i''_{(п)}. \quad (1)$$

Вказана особливість стосується не лише водяної пари, а й парової фази холодильного агента в холодильній установці, кондиціонері, теплохолодильній системі тощо. Важливо, що переведення парової фази до деякого кінцевого тиску $P_{(к)}$ супроводжується збільшенням її температури до $t_{(к)}$ і це означає можливість використання потенціалу $i''_{(п)}$ разом з $\Delta i''$ в режимі конденсації. На підтвердження останнього звернемося до табл. 1 з параметрами насиченої водяної пари.

Таблиця 1. Параметри насиченої водяної пари (по тисках)

P , МПа	t , °С	i' , кДж/кг	i'' , кДж/кг	r , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , кДж/(кг·К)
0,002	17,514	73,520	2533	2459	0,2609	8,722
0,004	28,979	120,42	2554	2433	0,4225	8,473
0,006	36,180	151,50	2567	2415	0,5207	8,328
0,008	41,540	173,90	2576	2402	0,5927	8,227
0,010	45,580	191,90	2584	2392	0,6492	8,149
0,012	49,450	207,00	2591	2384	0,6966	8,085
0,014	52,580	220,10	2596	2376	0,7368	8,031
0,020	60,080	251,40	2609	2358	0,8321	7,907
0,040	75,880	317,70	2636	2318	1,0261	7,670
0,060	85,950	360,00	2653	2293	1,1453	7,531
0,080	93,520	391,80	2665	2273	1,2330	7,434
0,100	99,640	417,40	2675	2258	1,3026	7,360
0,120	104,81	439,40	2683	2244	1,3606	7,298
0,140	109,33	458,50	2690	2232	1,4109	7,246
0,160	113,32	475,40	2696	2221	1,4550	7,202
0,180	116,94	490,70	2702	2211	1,4943	7,163
0,200	120,23	504,80	2707	2202	1,5302	7,127
0,220	123,27	517,80	2711	2193	1,5630	7,096
0,240	126,09	529,80	2715	2185	1,5929	7,067

З даних наведених у табл. 1 видно обов'язкове виконання умови

$$i'' = i' + r, \quad (2)$$

де i' — теплоємність рідинної фази, а також те, що зі зростанням тисків ентальпії i' та i'' зростають, а теплота фазового переходу r зменшується.

Важливо, що досяжними є зростання тисків і температур парової фази, а отже, і температур конденсації щодо витрати на утворення вторинної пари з відповідними співвідношеннями. Це означає можливість повернення теплової енергії з коефіцієнтом рекуперації:

$$\beta = \frac{r_{(к)}}{\Delta i''}. \quad (3)$$

З наведених співвідношень видно, що зі зростанням тиску маємо збільшення різниці між ентальпією й теплою пароутворення і за однакового кроку ΔP коефіцієнт β зменшується, хоча в загальному обчисленні він залишається настільки значним, що підтверджує доцільність організації рекупераційних режимів (табл. 2).

Таблиця 2. Розрахункові параметри щодо визначення коефіцієнта рекуперації β

$P_{(н)}$, МПа	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18
$P_{(к)}$, МПа	0,2									
$i''_{(н)}$, кДж/кг	2584	2609	2636	2653	2665	2675	2683	2690	2696	2702
$i''_{(к)}$, кДж/кг	2707									
$\Delta i''_{(к)}$, кДж/кг	123	98	71	54	42	32	24	17	11	5
$r_{(к)}$, кДж/кг	2202									
β	17,9	22,5	31,0	40,8	52,4	68,8	91,8	129,5	200,2	440,4

Розрахунки виконувалися за змінних значень початкових тисків $P_{(н)}$, сталого значення кінцевого тиску $P_{(к)} = 0,2$ МПа і відповідних їм параметрів $i''_{(н)}$, $i''_{(к)} = 2707$ кДж/кг та $r_{(к)} = 2200$ кДж/кг. Тиску 0,2 МПа водяної пари відповідає температура конденсації 120,3°C, а передавання теплового потоку на первинне середовище має здійснюватися через герметичну поверхню. Утворений конденсат через поверхню теплопередачі віддає в питомому обчисленні тепловий потік, пропорційний різниці температур:

$$Q = c(t_{(к)} - t_{(н)}), \quad \text{кДж/кг}. \quad (4)$$

Проте використання цієї частини теплової енергії є дещо проблематичним через неможливість реалізації різниці температур, вказаної у формулі (4).

З урахуванням цієї особливості і тієї обставини, що величина Q складає близько 3...5% від значення $r_{(к)}$, в подальших розрахунках вона не враховується.

Для поглиблення інформації про перебіг процесів звернемося до їх графічного представлення за початкових умов по паровій фазі:

$$P_{(н)} = 0,1 \text{ МПа}; \quad i''_{(н)} = 2675 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; \quad r_{(н)} = 2258 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$t_{(п)} = 99,64^{\circ}\text{C}; s''_{(п)} = 7,36 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

і за значень кінцевих умов

$$P_{(к)} = 0,2 \text{ МПа}; i''_{(к)} = 2707 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; r_{(к)} = 2202 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$t_{(к)} = 120,23^{\circ}\text{C}; s''_{(к)} = 7,127 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

Введення до числа відомих параметрів значень ентропій $s''_{(п)}$ і $s''_{(к)}$ дає змогу відобразити перебіг процесу в координатах T-s. Так, точці 1 (рис. 1) відповідають координати $T_1-s''_{(п)}$, а точці 2 — $T_2-s''_{(к)}$. Враховуючи наявність різниці ентропій: $\Delta s'' = s''_{(п)} - s''_{(к)} = 7,36 - 7,127 = 0,233$, кДж/(кг·К) процес стискання вторинної пари, представлений ділянкою 1—2, можливо вважати лише певним наближенням до адіабатного.

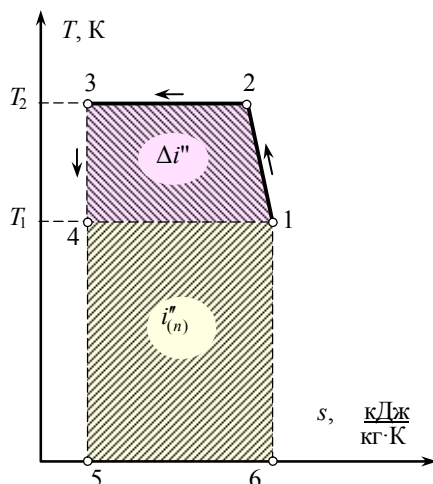


Рис. 1. Діаграма T-s процесу рекуперації вторинної пари

Процесу ізотермічної конденсації вторинної пари відповідає ділянка 2-3, а значення ентропії визначається рівнем ентропії конденсату. За тиску 0,2 МПа остання становить $s' = 1,5802$ кДж/(кг·К).

Початковій ентальпії $i''_{(п)}$ на діаграмі відповідає площа 1-4-5-6-1, значенню $\Delta i''$ — площа 1-2-3-4-1, а рекуперованому тепловому потоку — площа 1-2-3-4-5-6-1. Енергетичні витрати на стискання вторинної пари визначаються залежністю:

$$\ell = \Delta i'' / \eta, \quad (5)$$

де η — коефіцієнт корисної дії компресора. В зображенні діаграми має місце умовність, пов'язана з відсутністю процесу адіабатного розширення конденсату на ділянці 3-4, оскільки він просто виводиться з системи, а продовження

регенерації відбувається завдяки неперервному генеруванню вторинної пари, за якого досягаються термодинамічні параметри відповідні точці 1.

З діаграми видно, що відносне положення ізотерм T_1 і T_2 відображує рівень енергетичних витрат і їх зближення означає зменшення $\Delta i''$ та збільшення ефективності. Еквівалентним цьому висновку є вибір значень кроків тиску. Зменшення різниці між початковим і кінцевим тисками означає зменшення перепаду ентальпій. Для можливості числових оцінок таких впливів за результатами розрахунків, наведеними в табл. 2, побудовано графічну залежність $\beta = \beta(P_{(к)}/P_{(п)})$ (рис. 2) у зв'язку з тим, що саме співвідношення тисків $P_{(к)}/P_{(п)}$ визначає у тому числі положення ізотерм і співвідношення температур фазових переходів.

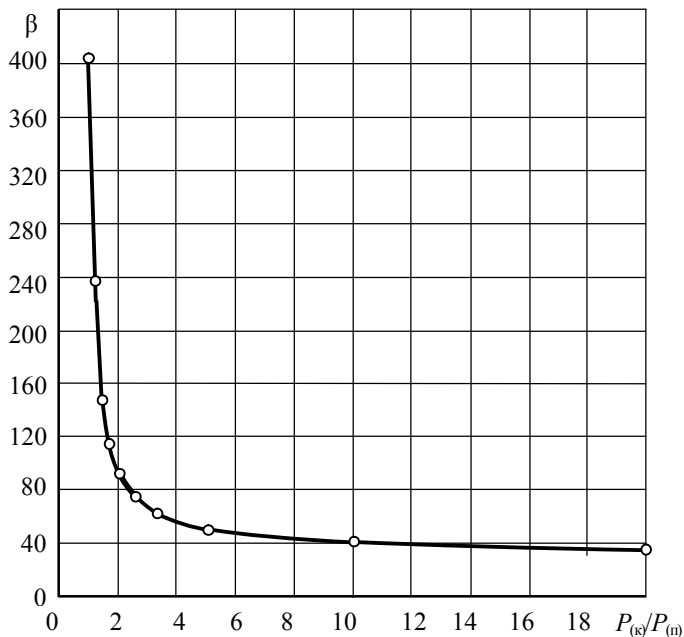


Рис. 2. Графік визначення коефіцієнтів рекуперації залежно від співвідношень кінцевого і початкового тисків

Для кінцевої оцінки енергетичної ефективності рекуперації вторинних теплових ресурсів необхідно враховувати енергетичні затрати на її реалізацію й організацію. У зв'язку з цим на підвищену увагу заслуговують технологічні процеси, в яких здійснюється активне випаровування рідинної фази. В таких випадках трансформована вторинна пара може використовуватись у ролі первинного енергоносія і від моменту завершення перехідних процесів створюються умови, за яких витрати первинного джерела обмежуються компенсацією втрат у навколишнє середовище.

З рис. 2 видно, що обраний перепад тиску є помітно впливовим фактором на коефіцієнт β , оскільки йому відповідає перепад ентальпій $\Delta i''$. Відгук системи

у бік збільшення перепаду ентальпій, який можливо вважати негативним проявом, одночасно супроводжується підвищенням різниці температур конденсації стиснутої пари і генерованої вторинної пари. Очевидно, що останнє важливо для проведення теплопередачі через обмежену поверхню. Так, у прикладі, представленому на рис. 1, в якому обрано $P_{(к)}/P_{(п)} = 2$, названі термодинамічні параметри становлять $\beta = 68,8$, $\Delta t = 20,59$ °C, $\Delta i'' = 32$ кДж/кг.

Повернення теплоти конденсації $r_{(к)}$ супроводжується повторним генеруванням вторинної пари у кількості:

$$m_{в.п.} = \frac{m_{(к)}r_{(к)}}{r_{(п)}} = \frac{2202}{2258} = 0,975 \text{ кг}, \quad (6)$$

де $m_{(к)} = 1$ кг – кінцева кількість пари першого етапу.

Якщо вторинна пара після конденсації виводиться з процесу і одночасно синтезується 0,975 кг нової вторинної пари, то це означає можливість скорочення витрат первинних енергоносіїв.

Умову (6) трансформуємо до вигляду:

$$\psi = \frac{m_{в.п.}}{m_{(к)}} = \frac{r_{(к)}}{r_{(п)}}, \quad (7)$$

з якого випливає такий висновок: співвідношення між масами вторинної пари другої генерації і масою конденсованої пари обернено пропорційне потенціалам їх випаровування (конденсації).

Доцільність використання технологій рекуперації вторинних енергетичних ресурсів покажемо на прикладі, що стосується варіння пивного суслу. Відповідно до існуючих технологічних інструкцій цей процес відбувається протягом двох годин з випаровуванням до 10% від загального об'єму середовища. Якщо останній складає 50 м³, то енергетичні витрати лише на випаровування повинні скласти:

$$E = 0,1 \cdot 50000 \cdot 2258 = 11290000 \text{ кДж} = 11290 \text{ МДж}. \quad (8)$$

Газовий еквівалент такої кількості енергії становить:

$$V_{\text{екв.г.}} = \frac{E}{q} = \frac{11290}{32} = 352,8 \text{ м}^3, \quad (9)$$

де $q = 32$ МДж/м³ – теплотворна здатність газу.

Наведений варіант використання вторинної пари відповідає технології створення теплового насоса відкритого типу на основі механічної або термокомпресії. В останньому випадку буде мати місце надлишок теплової енергії порівняно з випадком механічної компресії.

Визначення параметрів системи з термокомпресором розпочинається з призначення матеріальних потоків вторинної пари $m_{вт}$, її температури $t_{вт}$, тиску $P_{вт}$, теплоємностей рідинної і парової фаз $i'_{рід}$ та $i''_{вт}$, теплоти пароутворення r . Якщо потоку первинної пари задається тиск $P_{пер}$, то це означає,

що відомими будуть параметри $P_{\text{пер}}$, $i''_{\text{пер}}$, $i'_{\text{рід}}$ та r , а в результаті змішування первинного і вторинного потоків на виході з ежектора одержимо параметри суміші t , $i''_{\text{сум}}$, $i'_{\text{сум}}$, $P_{\text{сум}}$ та r .

Поєднання рівнянь теплового і матеріального балансів запишемо як

$$\begin{cases} m_{\text{сум}} i''_{\text{сум}} = m_{\text{пер}} i''_{\text{пер}} + m_{\text{вт}} i''_{\text{вт}}; \\ m_{\text{сум}} = m_{\text{пер}} + m_{\text{вт}}. \end{cases} \quad (10)$$

Звідси визначаємо матеріальний потік первинної пари:

$$m_{\text{пер}} = \frac{m_{\text{вт}} (i''_{\text{сум}} - i''_{\text{вт}})}{i''_{\text{пер}} - i''_{\text{сум}}}. \quad (11)$$

На виході з термокомпресора отримаємо:

$$m_{\text{сум}} = m_{\text{пер}} + m_{\text{вт}}. \quad (12)$$

Якщо цей сумарний потік задіяти на генерування вторинної пари, то одержимо:

$$m_{\text{вт}} = \frac{m_{\text{сум}} r_{\text{сум}}}{r_{\text{вт}}}. \quad (13)$$

За відсутності теплового насоса витрати первинної пари складала б:

$$m_{\text{пер}} = m_{\text{вт}} \frac{i''_{\text{вт}}}{i''_{\text{пер}}}. \quad (14)$$

Для збереження заданого початкового потоку вторинної пари необхідно забезпечити потік суміші:

$$m_{\text{сум}} = m_{\text{вт}} \frac{r_{\text{вт}}}{r_{\text{сум}}}. \quad (15)$$

Надлишок парової суміші може бути використаний на інші технологічні потреби.

Висновки

Аналіз технологій і процесів, пов'язаних з концентруванням розчинів речовин і генеруванням вторинної пари, дає змогу зазначити таке:

1. Вторинна пара, одержана в технологіях харчових, мікробіологічних і хімічних виробництв, є носієм детермінованих енергетичних потоків, які відносно простими технічними системами підлягають термодинамічним трансформаціям з переведенням до рівнів більш високих потенціалів. Придатними для поширеного використання є механічна або термокомпресія парової фракції.

2. Переведення вхідних потоків вторинної пари до більш високих показників тиску і температури означають можливість їх використання в ролі первинного енергоносія. Енергетичні витрати на такі трансформації пропорційні тиску і визначаються відповідними значеннями.

3. Вибір у бік збільшення тиску ΔP означає одночасно збільшення енерговитрат на стискання парової фракції і перепад температури на поверхні теплообміну. Останнє означає можливість застосування широкого діапазону термодинамічних параметрів.

4. Використання ежекційного термокомпресора супроводжується взаємодією двох вхідних парових потоків у складі потоку первинного енергоджерела і потоку вторинної пари, сукупність яких приводить до утворення потоку парової суміші, що спрямовується на конденсацію. Така взаємодія супроводжується співвідношеннями матеріальних потоків обернено пропорційними показникам теплоти пароутворення.

5. Розглянуті системи теплових насосів відкритого типу характеризуються високою енергетичною ефективністю у зв'язку з вхідними термодинамічними параметрами парових потоків і рівнями їх трансформації.

Література

1. Домарецький В.А. Технологія солоду і пива. Київ: Урожай, 1999. 542 с.
2. Домарецький В.А., Остапчук М.В., Українець А.І. Технологія харчових продуктів. Київ: НУХТ, 2003. 572 с.
3. Кунце В. Технология солода и пива. Санкт-Петербург: Профессия, 2001. 912 с.
4. Narziss L.: Brwlt 26 (1993), S. 1136—1143.
5. Колотуша П.В. Технологія солоду. Київ: Інститут системних досліджень освіти, 1993. 542 с.
6. Технологія солодових екстрактів, концентратів квасного суслу і квасу / Ємельянова Н.О., Гречко Н.Я., Кошова В.М., Суходол В.Х. Київ: Інститут системних досліджень освіти, 1994. 152 с.
7. Патент 14523 UA, МПК F25B 1/10 (2006.01) Пристрій для рекуперативного повернення теплової енергії в системах теплообміну між двома газовими потоками / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Резнік В.Г., Піддубний В.А.; заявник Національний університет харчових технологій. № u200511369; заявл. 30.11.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5.
8. Патент 97895 UA, МПК C12C 7/00, F04F 5/20 (2006.01) Варильний агрегат для пива / Соколенко А.І., Козодой Ю.А., Піддубний В.А.; заявник Національний університет харчових технологій. № a201013165; заявл. 05.11.2010; опубл. 26.03.2012, Бюл. № 6.
9. Бурдо О.Г. Энергетика пищевых технологий // Наукові праці ОНАХТ. Одеса. 2007. Вип. 30, Т. 1. С. 4—11.
10. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок. Одесса: Полиграф, 2010. 368 с.
11. Соколенко А.І., Піддубний В.А. Про енергозбереження і енергоресурси. *Харчова промисловість*. 2007. № 5. С. 66—68.

**METHOD OF JOINT DETERMINATION
OF THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF
MATERIALS AND METROLOGICAL
CHARACTERISTICS OF THE THERMOMETRIC DEVICE**

O. Mazurenko, L. Kharchenko, D. Kolomiyets, O. Mazurenko
National University of Food Technologies

Key words:

*Thermoelectric converters
Thermophysical and
metrological
Characteristics
Accuracy of measurement*

Article history:

Received 06.03.2019
Received in revised form
27.03.2019
Accepted 09.04.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

A method of measurement is developed according to which the TPC of the test material and the metrological characteristics (MC) of the thermophysical device were determined by the results of experiments with the same material, which, in other words, is simultaneously an experimental and reference material.

It was established that regardless of the type of thermal regime (stationary, transitional, regular or any other), as well as the structure of the device, all methods of complex thermometric determination of TPC of materials are reduced to obtaining systems equations composed of equations that take into account the thermal R_x and capacitive P_x ballast supports of a sample of a material. To determine these impediments and further calculate λh and $(c\rho) x$ of the test material, it is necessary to pre-determine the MC of the TM device, namely: ballast thermal R_b and capacitive P_b resistances, as well as working coefficients of thermoelectric converters of temperature (PT) of K_t and heat flow (PTP) K_q , of TM device.

The most common and, at the same time, one of the easiest ways to implement in determining the MC of TM devices is the way in which the characteristics of the device are determined by the results of experiments with reference materials, and the use of reference material is a major disadvantage of this method. Since according to the results of experiments with reference materials it is impossible to simultaneously determine the working coefficients of PTP and PT of TM devices, we introduced the concept of “generalizing” working coefficient of thermoelectric converters K_e of TM device, which made it possible, using analytical and graphic methods, to develop a fundamentally new method for the complex determination of TPC of material, according to which the TPC of material and the TM device are determined simultaneously by the results of the experiment with the samples of the test material.

The ability to simultaneously obtain information about the values of TPC of material and TM device can improve the accuracy of the study of temperature dependencies of material characteristics by taking into account the possible change in the characteristics of the device and sample from the temperature.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-17

СПОСІБ СПІЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ І МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОМЕТРИЧНОГО ПРИЛАДУ

О.О. Мазуренко, Л.Л. Харченко, Д.П. Коломієць, О.Г. Мазуренко
Національний університет харчових технологій

У статті розроблено спосіб вимірювання, за яким ТФХ дослідного матеріалу і метрологічні характеристики (МХ) ТФХ-приладу визначаються за результатами експериментів з цим же матеріалом, який, інакше кажучи, одночасно є дослідним і еталонним матеріалом.

Встановлено, що незалежно від виду теплового режиму (стаціонарний, перехідний, регулярний або будь-який інший), а також будови приладу, всі способи комплексного теплометричного визначення ТФХ матеріалів зводяться до отримання систем рівнянь, складених з рівнянь, що враховують термічний R_x та ємнісний P_x баластні опори зразка матеріалу. Для визначення цих опорів та подальшого розрахунку λ_x і $(ср)_x$ дослідного матеріалу потрібно попередньо визначити МХ ТФХ-приладу, а саме: баластні термічний R_b і ємнісний опори P_b , а також робочі коефіцієнти термоелектричних перетворювачів температури (ПТ) K_t і теплового потоку (ПТП) K_q , ТФХ-приладу.

Найбільш поширеним і, одночасно, одним з найпростіших у реалізації для визначення МХ ТФХ-приладів є спосіб, де характеристики приладу визначаються за результатами дослідів з еталонними матеріалами, причому саме використання еталонного матеріалу є основним недоліком цього способу. Оскільки за результатами дослідів з еталонними матеріалами неможливо одночасно визначити робочі коефіцієнти ПТП і ПТ ТФХ-приладу, введено поняття узагальнюючого робочого коефіцієнту термоелектричних перетворювачів K_e ТФХ-приладу, що дало можливість, використовуючи аналітично-графічні методи, розробити принципово новий спосіб комплексного визначення ТФХ матеріалу, за яким ТФХ матеріалу та МХ приладу визначаються одночасно за результатами експерименту зі зразками дослідного матеріалу.

Можливість одночасного отримання інформації щодо значень ТФХ матеріалу і МХ приладу дає змогу підвищити точність дослідження температурних залежностей характеристик матеріалів шляхом урахування можливої зміни характеристик приладу та зразка від температури.

Ключові слова: термоелектричні перетворювачі, теплофізичні та метрологічні характеристики, точність вимірювання.

Постановка проблеми. З результатів аналізу способів і приладів визначення теплофізичних характеристик (ТФХ), наведеному в [1], впливає, що найбільш придатними для дослідження ТФХ термолабільних матеріалів є теплометричні засоби комплексного визначення ТФХ, які дають змогу виконувати дослідження як при наявності, так і відсутності в матеріалі фазових перетворень його складових. Було встановлено, що незалежно від виду тепло-

вого режиму (стаціонарний, перехідний, регулярний або будь-який інший), а також будови приладу, всі способи комплексного теплотричного визначення ТФХ матеріалів зводяться до отримання систем, складених з рівнянь виду:

$$R_m = R_x + R_b, \quad (1)$$

$$P_m = P_x + P_b. \quad (2)$$

де R_m, R_x, R_b — термічний опір відповідно системи «прилад-зразок», матеріалу та баластний; P_m, P_x, P_b — ємнісний опір, відповідно, системи «прилад-зразок», матеріалу та баластний.

Термічний опір системи «прилад-зразок» визначають як відношення різниці температур $\Delta t = t_1 - t_2$ на робочих поверхнях плоского зразка дослідного матеріалу до середньої густини теплового потоку, що проходить через зразок $\bar{q} = 0,5 \cdot (q_1 + q_2)$, які, у свою чергу, розраховують за результатами вимірювання термо-ЕРС, e_{t_i} і e_{q_i} , що генерують первинні термоелектричні перетворювачі температури (ПТ) і теплового потоку (ПТП) приладу, за формулою:

$$R_m = \frac{\Delta t}{\bar{q}} = \frac{t_1 - t_2}{0,5 \cdot (q_1 + q_2)} = \frac{K_t \cdot (e_{t_1} - e_{t_2})}{K_q \cdot (e_{q_1} - e_{q_2})}, \quad (3)$$

де K_t, K_q — робочий коефіцієнт перетворювача відповідно температури та теплового потоку:

$$t_i = K_t \cdot e_{t_i}; \quad (4)$$

$$q_i = K_q \cdot e_{q_i}. \quad (5)$$

Ємнісний опір системи «прилад-зразок» при нагріванні (охолодженні) зразка дослідного матеріалу, наприклад, у регулярному тепловому режимі другого роду (квазістаціонарному режимі) визначають як відношення різниці густини теплового потоку $\Delta q = q_1 - q_2$ на робочих поверхнях зразка дослідного матеріалу до швидкості зміни $u_t = \bar{\delta t} / \Delta \tau$ середньої температури $\bar{\delta t} = \bar{t}_{\tau_2} - \bar{t}_{\tau_1} = (t_1 + t_2)_{\tau_2} - (t_1 + t_2)_{\tau_1}$ зразка за проміжок часу $\Delta \tau = \tau_2 - \tau_1$, які, у свою чергу, розраховують за результатами вимірювання термо-ЕРС, e_{t_i} і e_{q_i} , що генерують ПТ і ПТП приладу. З використанням робочих коефіцієнтів, K_t і K_q , перетворювачів, цей опір розраховують за формулою:

$$P_m = \frac{\Delta q}{u_t} = \Delta q \cdot \left(\frac{\bar{\delta t}}{\Delta \tau} \right)^{-1} = \Delta e_q \cdot \left(\frac{\Delta e_t}{\Delta \tau} \right)^{-1} = (e_{q_1} - e_{q_2}) \cdot \frac{K_q}{K_t} \left[\frac{(e_{t_1} + e_{t_2})_{\tau_2} - (e_{t_1} + e_{t_2})_{\tau_1}}{2 \cdot (\tau_2 - \tau_1)} \right]^{-1}. \quad (6)$$

Термічний R_x і ємнісний P_x опори зразка дослідного матеріалу, а також баластні термічний R_b і ємнісний опори P_b приладу комплексного визначення ТФХ матеріалів (ТФХ-приладу) розраховують за формулами, відповідно:

$$R_x = h / \lambda_x ; \quad (7)$$

$$P_x = (c\rho)_x \cdot h ; \quad (8)$$

$$R_b = h_{R_b} / \lambda_b ; \quad (9)$$

$$P_b = (c\rho)_b \cdot h_{P_b} , \quad (10)$$

де h , h_{R_b} та h_{P_b} — відповідно, товщина зразка дослідного матеріалу, ефективні товщини баластних шарів, які визначають баластні термічний та ємнісний опори ТФХ-приладу; λ_x і $(c\rho)_x$ — відповідно, теплопровідність і об'ємна теплоємність зразка дослідного матеріалу; λ_b і $(c\rho)_b$ — відповідно, теплопровідність і об'ємна теплоємність баластних шарів ТФХ-приладу.

З результатів аналізу рівнянь (1)—(10) випливає, що для визначення R_x і P_x та подальшого розрахунку λ_x і $(c\rho)_x$ дослідного матеріалу попередньо потрібно визначити так звані метрологічні характеристики (МХ) ТФХ-приладу, а саме: баластні термічний R_b і ємнісний опори P_b , а також робочі коефіцієнти ПТ і ПТП, K_t і K_q , ТФХ-приладу.

Загальновідомо, що способи та прилади вимірювання неелектричних величин електричними методами можуть мати суттєві похибки. Визначення результуючої похибки приладу шляхом додавання її окремих складових, що можуть бути знайдені експериментальним або розрахунковими шляхом, є одним з найбільш складних питань метрології [2]. За широкого впровадження сучасної комп'ютерної техніки проблеми стабільності термоелектричних перетворювачів надзвичайно актуальні [3]. Властивості термометричних матеріалів, які виконують головну функцію — перетворення, не можна вважати стабільним під час експлуатації. Внаслідок особливостей виготовлення термометричних матеріалів функція перетворення, навіть однієї партії, характеризується певним розкидом, який все ж повинен бути в межах стандарту ДСТУ 2837-94 [4].

Мінімізація похибок — актуальне наукове завдання. Поки що не до кінця вивчено теплові, електричні та інші процеси перенесення у термометричних матеріалах, які зумовлюють нестабільність функції перетворення, формуючи при цьому інструментальну похибку [5]. Концепція оцінювання результату вимірювань може базуватись на різних підходах, але через одиничне вимірювання класичний підхід до похибок не завжди адекватний [6]. Крім того, більшість засобів вимірювання температури, які використовуються у виробництві, не завжди відповідають вимогам надійності та недостатньо універсальні, що значною мірою обмежує можливості й ефективність вимірювального контролю параметрів систем і агрегатів [7].

Згідно з [8; 9], для визначення МХ ТФХ-приладів найбільш поширеним і, одночасно, одним з найпростіших у реалізації є спосіб, де характеристики приладу визначаються за результатами дослідів з еталонними матеріалами, причому саме використання еталонного матеріалу є основним недоліком цього способу. У зв'язку з цим для підвищення точності комплексного визначення ТФХ термолабільних матеріалів, а також точності визначення МХ ТФХ-приладу **метою статті** є розроблення способу, за яким ТФХ дослідного

матеріалу і МХ ТФХ приладу визначаються за результатами експериментів з дослідним матеріалом. Інакше кажучи, розроблення способу визначення характеристик матеріалу і приладу, де зразок дослідного матеріалу стосовно ТФХ-приладу одночасно є дослідним і еталонним матеріалом.

Матеріали і методи. Оскільки за результатами дослідів з еталонними матеріалами неможливо одночасно визначати робочі коефіцієнти ПТП і ПТ ТФХ-приладу введемо поняття узагальнюючого робочого коефіцієнта термоелектричних перетворювачів ТФХ-приладу, який будемо визначати за співвідношенням:

$$K_e = K_q / K_t . \quad (11)$$

У цьому випадку рівняння розрахунку термічного (3) і ємнісного (6) опорів системи «прилад-зразок» при нагріванні (охолодженні) зразка дослідного матеріалу у квазістаціонарному тепловому режимі матимуть вигляд:

$$R_m = \Delta e_t / (K_e \cdot \Delta e_q) ; \quad (12)$$

$$P_m = K_e \cdot \Delta e_q \cdot \Delta \tau / \bar{\Delta e}_t . \quad (13)$$

У квазістаціонарному тепловому режимі густина теплового потоку на «робочих» поверхнях зразка не змінюються у часі, тобто $q_1(\tau) = \text{const}$, $q_2(\tau) = \text{const}$, $q_1(\tau) - q_2(\tau) = \text{const}$. При цьому температура (t_1 та t_2) на робочих поверхнях зразка змінюється у часі лінійно:

$$t_1(\tau) - t_2(\tau) = \Delta t = \text{const}, u_t = \text{const}.$$

Оскільки робочий коефіцієнт ПТ залежить від температури [5—11], то з метою зменшення похибки визначення ТФХ матеріалів величина $\Delta \tau = \tau_2 - \tau_1$ у рівнянні (13) має являти собою проміжок часу, за який середній сигнал ПТ $\bar{\Delta e}_t = (e_{t1} + e_{t2}) / 2$ на поверхнях зразка дослідного матеріалу при нагріванні (охолодженні) у квазістаціонарному режимі змінюється на величину, яка дорівнює різниці термо-ЕРС цих перетворювачів, тобто $\bar{\Delta e}_t = \Delta e_t = e_{t1} - e_{t2}$. Методику визначення $\Delta \tau$ ілюструє рис. 1, де наведені прямі зміни термо-ЕРС, $e_{t1} = f(\tau)$ і $e_{t2} = f(\tau)$, а також зміни середнього значення $\bar{e}_t = f(\tau)$ цих термо-ЕРС, які генерують ПТ ТФХ-приладу, що розташовані на робочих поверхнях плоского зразка дослідного матеріалу.

Визначення часу $\Delta \tau$, за який середнє значення термо-ЕРС \bar{e}_t ПТ приладу змінюється на величину, що має дорівнювати різниці сигналів ПТ на робочих поверхнях зразка матеріалу $\bar{\Delta e}_t = \Delta e_t$, а отже, частоти визначення ТФХ матеріалу можуть здійснюватися за різними алгоритмами.

Так, наприклад, ТФХ зразка матеріалу були визначені на момент τ_1 , (рис. 1) при e_{t21} , \bar{e}_{t1} , e_{t11} . Проміжок часу, за який термо-ЕРС e_{t21} і \bar{e}_{t1} збільшаться, відповідно, до \bar{e}_{t1} і e_{t21} , буде дорівнювати $\tau_2 - \tau_1 = \Delta \tau / 2$.

Частота визначення $\Delta \tau$ і, отже, визначення ТФХ матеріалу, може бути збільшена багатократно, якщо для визначення $\Delta \tau$ замість термо-ЕРС ПТ (які на час τ_2 мають бути досягнуті), у час τ_2 використовувати термо-ЕРС, що

діяли на час τ_1 . Розглянемо, наприклад, випадок визначення ТФХ дослідного матеріалу за результатами вимірювання термо-ЕРС, e_t і e_q , які генерують ПТ і ПТП двокоміркового ТФХ-приладу при нагріванні (охолодженні) зразків матеріалу у квазістаціонарному тепловому режимі.

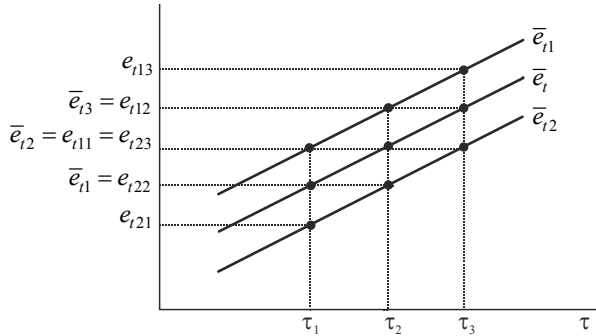


Рис. 1. Зміни термо-ЕРС, які генерують ПТ ТФХ-приладу у квазістаціонарному тепловому режимі

За результатами вимірювання сигналів ПТ і ПТП двокоміркового приладу (рис. 2) при нагріванні зразків дослідного матеріалу у квазістаціонарному тепловому режимі розрахуємо термічний R_m — (11) та ємнісний P_m — (12) опори системи «прилад-зразок».

Використання двокоміркового ТФХ-приладу тут обумовлено тим, що у разі подачі в проточні теплообмінники приладу енергоносія з однаковою температурою t_2 , яка нижче за температуру t_1 електричного нагрівача, то при нагріванні у квазістаціонарному тепловому режимі обидва зразки товщиною $h_1 - h_2 = \Delta h \neq 0$, тобто які відрізняються між собою за величиною термічного $R_{x1} \neq R_{x2}$ та ємнісного $P_{x1} \neq P_{x2}$ опорів, мають однакову середню температуру $\bar{t} = (t_1 + t_2) / 2$. Це є особливо важливим у разі використання для розрахунків ТФХ матеріалу узагальнюючого робочого коефіцієнта термоелектричних перетворювачів ТФХ-приладу.

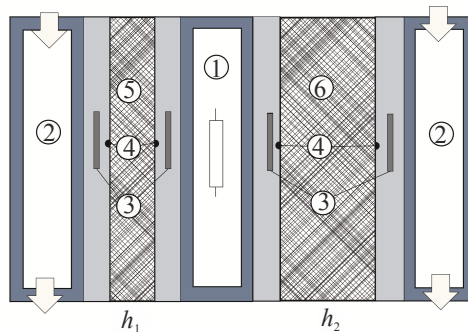


Рис. 2. Двокомірковий прилад комплексного визначення ТФХ матеріалів: 1 — електричний нагрівач; 2 — проточні теплообмінники; 3 — ПТП; 4 — ПТ; 5 і 6 — зразки дослідного матеріалу товщиною, відповідно, h_1 і h_2

У результаті підстановки у рівняння (1) та (2) виразів розрахунку їх складових: R_m — (11), R_x — (7), R_b — (9) та P_m — (12), P_x — (8), P_b — (10), і відповідного перетворення одержимо системи рівнянь виду:

$$\begin{cases} \left(\frac{\Delta e_t}{\bar{e}_q} \right)_1 = \frac{K_e}{\lambda_x} \cdot h_1 + K_e \cdot R_b = K_e \cdot R_{x1} + K_e \cdot R_b \\ \left(\frac{\Delta e_t}{\bar{e}_q} \right)_2 = \frac{K_e}{\lambda_x} \cdot h_2 + K_e \cdot R_b = K_e \cdot R_{x2} + K_e \cdot R_b \end{cases}; \quad (14)$$

$$\begin{cases} \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta \bar{e}_t} \right)_1 = \frac{(cp)_x}{K_e} \cdot h_1 + \frac{P_b}{K_e} = \frac{P_{x1}}{K_e} + \frac{P_b}{K_e} \\ \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta \bar{e}_t} \right)_2 = \frac{(cp)_x}{K_e} \cdot h_2 + \frac{P_b}{K_e} = \frac{P_{x2}}{K_e} + \frac{P_b}{K_e} \end{cases}. \quad (15)$$

Із систем рівнянь (14) і (15) випливає, що при постійній температурі залежності $\Delta e_t / \bar{e}_q$ від h , $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q) / \Delta \bar{e}_t$ від h (рис. 3а, б), а також, $\Delta e_t / \bar{e}_q$ від R_x та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q) / \Delta \bar{e}_t$ від P_x (рис. 4а, б), являють собою прямі.

Так, пряма $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$, що наведена на рис. 3а, проходячи через точки J_1 і J_2 , координати яких $[h_1 ; (\Delta e_t / \bar{e}_q)_1]$ і $[h_2 ; (\Delta e_t / \bar{e}_q)_2]$ отримані за результатами дослідів, перетинає вісь ординат графіка у точці А, що має координати $[0 ; (K_e \cdot R_b)]$.

У свою чергу, пряма $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$ на рис. 3б, проходячи через точки Z_1 та Z_2 , координати яких, відповідно, $[h_1 ; (\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t)_1]$ та $[h_2 ; (\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t)_2]$, перетинає вісь ординат графіка у точці В, що має координати $[0 ; (P_b / K_e)]$.

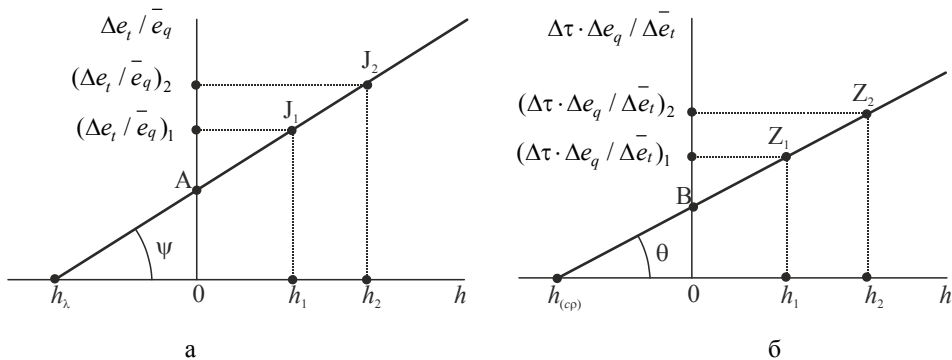


Рис. 3. Залежність значення комплексу термо-ЕРС ПТ і ПТП приладу:
а — $\Delta e_t / \bar{e}_q$, б — $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q) / \Delta \bar{e}_t$; від товщини зразка дослідного матеріалу

Прямі $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$ мають кут нахилу до вісі абсцис відповідного графіка $\psi = \arctg(K_e/\lambda_x)$ і $\theta = \arctg(c\rho)_x/K_e$ і перетинають цю вісь при:

$$|-h_\lambda| = \lambda_x \cdot R_b; \quad (16)$$

$$|-h_{(c\rho)}| = P_b / (c\rho)_x. \quad (17)$$

Зі збільшенням теплопровідності λ_x та об'ємної теплоємності $(c\rho)_x$ зразка дослідного матеріалу кут ψ , зменшується, а кут θ збільшується. При цьому:

- координати перетину прямих $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$ з віссю ординат графіків залишаються без зміни;

- координата перетину прямої $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ з віссю абсцис графіка переміщується в область від'ємних значень, а з прямою $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$ — у бік початку координат.

Оскільки зі зміною значень λ_x і $(c\rho)_x$ дослідного матеріалу значення відношень $|-h_\lambda|/\lambda_x = R_b$ та $|-h_{(c\rho)}|/(c\rho)_x = P_b$ залишається без зміни, то $|-h_\lambda|$ та $|-h_{(c\rho)}|$ є товщинами дослідного матеріалу, при яких термічний опір зразка матеріалу дорівнює, відповідно, баластному термічному і баластному ємнісному опорам ТФХ-приладу.

Особливістю розглянутих дослідів зі зразками матеріалу є можливість без використання попередньої інформації щодо значень МХ ТФХ-приладу визначити теплопровідність a_x дослідного матеріалу:

$$a_x = \ctg\psi \cdot \ctg\theta = \frac{\lambda_x}{K_e} \cdot \frac{K_e}{(c\rho)_x} = \frac{|-h_\lambda|}{K_e \cdot R_b} \cdot \frac{|-h_{(c\rho)}| \cdot K_e}{P_b} = \frac{\lambda_x}{(c\rho)_x}. \quad (18)$$

Побудувати графіки $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(R_x)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(P_x)$ за результатами дослідів зі зразками дослідного матеріалу у загальному випадку неможливо, оскільки λ_x і $(c\rho)_x$ такого матеріалу вважаються невідомими. Тому прийmemo, що прямі, наведені на рис. 4, побудовані за результатами дослідів з еталонним матеріалом, теплопровідність λ_s і об'ємна теплоємність $(c\rho)_s$ якого відомі.

Зразки еталонного матеріалу товщиною $h_{s1} - h_{s2} = \Delta h_s \neq 0$, завдяки чому вони відрізнялися між собою за величиною термічного $R_{s1} \neq R_{s2}$ та ємнісного $P_{s1} \neq P_{s2}$ опорів, випробовували у квазістаціонарному режимі з використанням двокоміркового ТФХ-приладу.

На рис. 4 прямі $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(R_x)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(P_x)$, проходячи, відповідно, через точки E_1 і E_2 та точки F_1 і F_2 , координати яких отримані за результатами експерименту зі зразками еталонного матеріалу, перетинають вісь ординат своїх графіків у точках А — $[0; (K_e \cdot R_b)]$ та В — $[0; (P_b / K_e)]$, координати яких не відрізняються від координат відповідних точок на рис. 3а, б.

При $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = 0$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = 0$ ці прямі перетинають вісі абсцис своїх графіків в області від'ємних значень при $|-R_x| = R_b$ та $|-P_x| = P_b$.

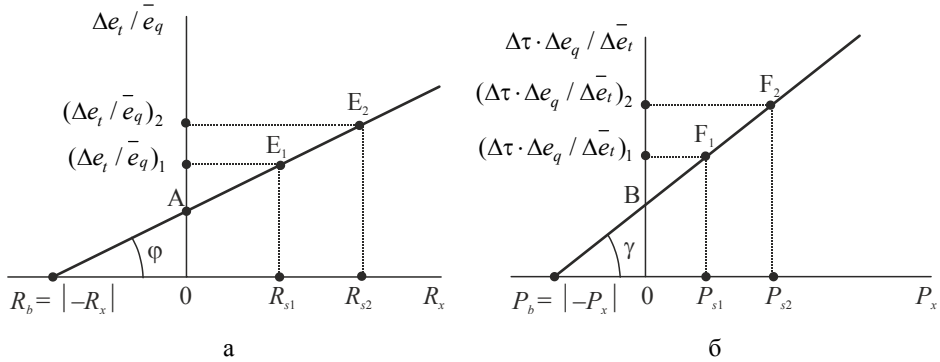


Рис. 4. Залежність значення комплексу термо-ЕРС ПТ і ПТП приладу:

а — $\Delta e_t / \bar{e}_q$ від термічного опору зразка дослідного матеріалу; б — $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q) / \Delta \bar{e}_t$ від електричного опору зразка дослідного матеріалу

На відміну від розглянутих раніше експериментів зі зразками дослідного матеріалу, за результатами експериментів зі зразками еталонного матеріалу можна розрахувати МХ ТФХ-приладу, значення яких у подальшому використовувати для визначення ТФХ дослідних матеріалів.

Так, із систем рівнянь (14) і (15) маємо:

$$K_e = \left[\left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_1 - \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_2 \right] \cdot (R_{s1} - R_{s2})^{-1} =$$

$$= (P_{s1} - P_{s2}) \cdot \left[\left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_1 - \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_2 \right]^{-1}; \quad (19)$$

$$R_b = \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_1 \cdot K_e^{-1} - R_{s1} = \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_2 \cdot K_e^{-1} - R_{s2}; \quad (20)$$

$$P_b = K_e \cdot \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_1 - P_{s1} = K_e \cdot \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_2 - P_{s2}. \quad (21)$$

Тож потрібно визначити умови проведення експериментів зі зразками дослідного матеріалу і розробити методику обробки результатів цих експериментів, при використанні яких пряма $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ збігається з прямою $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(R_x)$, а пряма $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$ з прямою $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(P_x)$. Інакше кажучи, при яких дослідний матеріал одночасно був би еталонним матеріалом.

Результати і обговорення. З результатів аналізу систем рівнянь (14), (15) та рис. 4 бачимо, що тангенси нахилу прямих $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(R_x)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(P_x)$, до вісі абсцис відповідних графіків дорівнюють: $tg\varphi =$

$= K_q$ та $tg\gamma = 1/K_q$. Оскільки $tg\varphi \cdot tg\gamma = K_q \cdot (1/K_q) = 1$, то сума кутів ($\varphi + \gamma$) нахилу цих прямих до вісі абсцис їх графіків дорівнює $\pi/2$.

Звідси випливає, що в разі узгодження між собою масштабів величин, які відкладаються по осям абсцис і ординат графіків, прямі $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(R_x)$ та $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(P_x)$ будуть перетинати вісі абсцис таких графіків у її від'ємній частині у точках $|-R_x| = R_b$ та $|-P_x| = P_b$, рівновіддалених від початків координат. При цьому сума кутів нахилу прямих $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ та $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$ до вісі абсцис їх графіків буде дорівнювати $\pi/2$, що згідно з (18) відповідає $a_x = 1$.

Водночас цієї умови, $a_x = 1$, недостатньо для того, щоб пряма $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ «співпала» з прямою $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(R_x)$, а пряма $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$ — з $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(P_x)$ та з'явилась можливість визначити МХ приладу і ТФХ матеріалу за результатами експериментів з дослідним матеріалом. Для цього потрібно, щоб дві з чотирьох ТФХ дослідного матеріалу: теплопровідність λ_x , об'ємна теплоємність $(cp)_x$, температуропровідність $a_x = \lambda_x / (cp)_x$, тепла активність $\beta_x = \sqrt{\lambda_x \cdot (cp)_x}$ дорівнювали б 1. Тут маємо враховувати, що якщо дві з чотирьох ТФХ матеріалу дорівнюють 1, то дві інші характеристики також будуть дорівнювати 1.

З результатів аналізу рівнянь (16), (17) випливає, що при $\lambda_x = (cp)_x = 1$, або інакше, при $a_x = \beta_x = 1$, отримаємо, що $|-h_{\lambda x}| = R_b$ та $|-h_{(cp)x}| = P_b$. Отже, за таких умов тангенси кутів ($tg\psi$ та $tg\theta$) нахилу прямих $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ та $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$ до вісі абсцис їх графіків (рис. 3а,б) будуть дорівнювати тангенсам нахилу ($tg\varphi = K_q$ та $tg\gamma = 1/K_q$) прямих $(\Delta e_t / \bar{e}_q)$ від R_x та $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t)$ від P_x до вісі абсцис відповідних графіків (рис. 4а, б).

Для аналізу взаємозв'язків між ТФХ дослідного матеріалу та МХ ТФХ-приладу, які використовуються у рівняннях:

$$\frac{\Delta e_t}{e_q} = \frac{K_e}{\lambda_x} \cdot h + K_e \cdot R_b, ; \quad (22)$$

$$\Delta\tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta \bar{e}_t} = \frac{(cp)_x}{K_e} \cdot h + \frac{P_b}{K_e}, ; \quad (23)$$

$$\frac{\Delta e_t}{e_q} = K_e \cdot R_x + K_e \cdot R_b, ; \quad (24)$$

$$\Delta\tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta \bar{e}_t} = \frac{P_x}{K_e} + \frac{P_b}{K_e}, \quad (25)$$

опису прямих, що наведені на рис. 3а, б та рис. 4а, б, за алгоритмом побудуємо суміщений графік цих прямих.

Передусім за результатами вимірювання термо-ЕРС, які генерують ПТ і ПТП двокоміркового (комірок 1 і 2) ТФХ-приладу (рис. 2) при нагріванні двох зразків дослідного матеріалу товщиною $h_1 - h_2 = \Delta h \neq 0$ у квазістаціонарному режимі, визначимо чисельні значення кутового коефіцієнта та вільного члена рівняння (23) і рівняння (24), які описують, відповідно, пряму $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ і пряму $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$.

Рівняння прямої, яка проходить через дві точки з координатами $[x_1; y_1]$ і $[x_2; y_2]$, запишемо у вигляді, подібному до (22), (23):

$$Y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \cdot X + \frac{x_1 \cdot (y_1 - y_2) + y_1 \cdot (x_2 - x_1)}{(x_2 - x_1)}. \quad (26)$$

У результаті підстановки у (26) координат точок J_1, J_2 та Z_1, Z_2 (рис.3 а, б та рис.4 а, б) одержимо значення кутових коефіцієнтів і вільних членів лінійних рівнянь (23) і (24):

$$tg\psi = \frac{K_e}{\lambda_x} = \left[\left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_2 - \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_1 \right] \cdot \Delta h^{-1}; \quad (27)$$

$$K_e \cdot R_b = \left[h_1 \cdot \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_1 - h_1 \cdot \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_2 + \Delta h \cdot \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_1 \right] \cdot \Delta h^{-1}; \quad (28)$$

$$tg\theta = \frac{(cp)_x}{K_e} = \left[\left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_2 - \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_1 \right] \cdot \Delta h^{-1}; \quad (29)$$

$$P_b / K_e = \left[h_1 \cdot \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_1 - h_1 \cdot \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_2 + \Delta h \cdot \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_1 \right] \cdot \Delta h^{-1}. \quad (30)$$

Визначимо також значення абсцис перетину прямих $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ і $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$ з віссю, та кутів нахилу прямих до вісі абсцис їхніх графіків:

$$|-h_\lambda| = \lambda_x \cdot R_b = \frac{h_1 \cdot \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_1 - h_1 \cdot \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_2 + \Delta h \cdot \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_1}{\left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_2 - \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_1}; \quad (31)$$

$$|-h_{(cp)}| = \frac{P_b}{(cp)_x} = \frac{h_1 \cdot \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_1 - h_1 \cdot \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_2 + \Delta h \cdot \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_1}{\left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_2 - \left(\Delta \tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_1}; \quad (32)$$

$$\psi = \arctg \left[\left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_2 - \left(\frac{\Delta e_t}{e_q} \right)_1 \right] \cdot \Delta h^{-1}; \quad (33)$$

$$\theta = \arctg \left[\left(\Delta\tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta \bar{e}_t} \right)_2 - \left(\Delta\tau \cdot \frac{\Delta e_q}{\Delta \bar{e}_t} \right)_1 \right] \cdot \Delta h^{-1}. \quad (34)$$

Для побудови у декартових координатах графіка (рис. 5а), на якому суміщені залежності $\Delta e_t / \bar{e}_q$ та $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t)$ від h_x (рис. 3а, б), а також $\Delta e_t / \bar{e}_q$ від R_x та $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t)$ н P_x (рис. 3а, б) на вісі абсцис такого графіка в оберненому масштабі M_h нанесемо лінійну шкалу h . Для узгодження між собою масштабів величин, які відкладаються по вісі абсцис, h , і осям ординат, $\Delta e_t / \bar{e}_q$ та $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t)$, суміщеного графіка, з точки $h = -h_\lambda$, (31), через третій квадрант графіка під кутом ψ (33) до вісі абсцис та з точки $h = -h_{(cp)}$, (32), через другий квадрант графіка під кутом θ (34) до вісі абсцис графіка, проводимо прямі, відповідно, $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ і $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$.

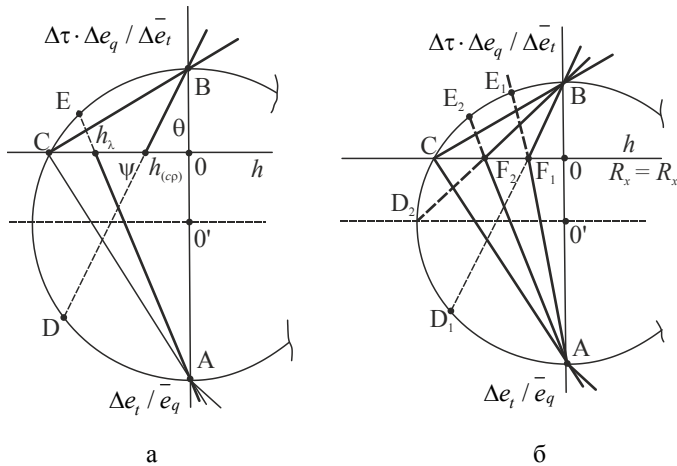


Рис. 5. До побудови (а) та аналізу (б) суміщеного графіка залежностей $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$, $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$, $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(R_x)$ та $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(P_x)$

При цьому пряма $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h)$ перетинає вісь ординат графіка у точці А, яка знаходиться на умовно від'ємній частині вісі, а пряма $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h)$ — у точці В, на додатній частині вісі ординат графіка.

Оскільки прямі $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h_x)$ і $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = f(h_x)$ перетинають вісь ординат своїх графіків (рис. 3а, б) при $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = K_e \cdot R_b$ і $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t) = P_b / K_e$, то масштаб M_{Rm} лінійної шкали $(\Delta e_t / \bar{e}_q)$, на «від'ємній» частині вісі ординат суміщеного графіка, та масштаб M_{Pm} лінійної шкали $(\Delta\tau \cdot \Delta e_q / \Delta \bar{e}_t)$ на «додатній» частині вісі ординат графіка, визначимо як відношення довжини відрізка 0-А — $L_{0A} = |-h_\lambda| \cdot tg\psi$ до значення $K_q \cdot R_b$ (28) та як відношення довжини відрізка 0-В — $L_{0B} = |-h_{(cp)}| \cdot tg\theta$ до значення P_b / K_q (30).

За значенням величин h , R_x , P_x вісь абсцис суміщеного графіка має бути спільною для двох пар прямих — пари прямих $(\Delta e_t / \bar{e}_q)$ від h і $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t)$ від h та пари прямих $(\Delta e_t / \bar{e}_q)$ від R_x і $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t)$ від P_x .

Прямі $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h_x)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(h_x)$ мають кут нахилу до вісі абсцис графіка ψ та θ і перетинають цю вісь у точках, відповідно, $|-h_\lambda| = \lambda_x \cdot R_b$ (31) та $|-h_{(cp)}| = P_x / (cp)_x$ (32).

На відміну від попередньої пари, прямі $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(R_x)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(P_x)$ мають мати кут нахилу до вісі абсцис суміщеного графіка, відповідно, $\varphi = \arctg(K_q)$ і $\gamma = \arctg(1 / K_q)$ та перетинати вісь абсцис у точках, координати які мають чисельно дорівнювати:

$$|-h'_\lambda| / \lambda_b = R_b ; \tag{35}$$

$$|-h'_{(cp)}| \cdot (cp)_b = P_b , \tag{36}$$

де $|-h'_\lambda| = |-h_\lambda| / \lambda_x = R_b$ — ефективна товщина баластного шару, яка при теплопровідності матеріалу цього шару $\lambda_b = 1$ чисельно дорівнює баластному термічному опору ТФХ-приладу; $|-h'_{(cp)}| = |-h_{(cp)}| \cdot (cp)_x = P_b$ — ефективна товщина баластного шару, яка при об'ємній теплоємності матеріалу цього шару $(cp)_b = 1$ чисельно дорівнює баластному емнісному опору ТФХ-приладу.

Тож по вісі абсцис суміщеного графіка відкладаються величини h , R_x , P_x , які мають розмірність, відповідно, [m], [K·m²/W], [J/m²·K], але які чисельно дорівнюють товщині зразка матеріалу. Отже, при нанесенні на вісь абсцис графіка рівномірної шкали h , вона ж шкала R_x , при $\lambda_x = 1$, вона ж шкала P_x , при $(cp)_x = 1$, у кожній точці шкали термічний і емнісний опори зразка дослідного матеріалу мають чисельно дорівнювати один одному $R_x = P_x$, тобто $h / \lambda_x = h \cdot (cp)_x$, звідки $\beta_x = 1$.

За такої умови, при $\lambda_b = 1$ та $(cp)_b = 1$, координати точок А, $((\Delta e_t / \bar{e}_q)_A = K_e \cdot R_e)$ та В $((\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t)_B = P_b / K_e)$ суміщеного графіка можуть бути подані так:

$$\left(\frac{\Delta e_t}{\bar{e}_q} \right)_A = K_e \cdot \frac{h_{R_b}}{\lambda_b} = K_e \cdot \frac{|-h_\lambda|}{\lambda_x} = K_e \cdot \frac{|-h_\lambda| / \lambda_x}{1} = K_e \cdot |-h'_\lambda| ; \tag{37}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{\Delta \tau \cdot \Delta e_q}{\Delta e_t} \right)_B &= \frac{h_{P_b} \cdot (cp)_b}{K_e} = \frac{|-h_{(cp)}| \cdot (cp)_x}{K_e} \\ &= \frac{[|-h_{(cp)}| \cdot (cp)_x] \cdot 1}{K_e} = \frac{|-h'_{(cp)}|}{K_e} . \end{aligned} \tag{38}$$

Як впливає з результатів аналізу залежностей, наведених на рис. 3 та рис. 4, при $\lambda_x = (cp)_x = 1$ кожна з двох пар прямих, $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h_x)$ і $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(R_x)$, а також $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(h_x)$ і $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(P_x)$, на

суміщеному графіка мають бути представлені відповідними прямими, які, у свою чергу, мають перетинатися між собою під кутом $\pi/2$.

Оскільки прямі $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(R_x)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(P_x)$, а також прямі $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h_x)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(h_x)$, проходячи через точки А і В при $\lambda_x = (cp)_x = a_x = \beta_x = 1$, на суміщеному графіка мають перетинатися між собою під кутом $\pi/2$, через точки А та В проведемо коло діаметром $D = L_{0A} + L_{0B}$, центр О' якого знаходиться на вісі ординат графіка і в загальному випадку не співпадає з початком координат.

Це коло перетинає вісь абсцис графіка в точці С, абсциса якої — довжина відрізка 0-С, може бути розрахована як середнє геометричне довжин відрізків 0-А та 0-В, які утворюють діаметр кола. Разом з тим, враховуючи узгодженість масштабів величин, які відкладаються на осях графіка, абсциса точки С як середнє геометричне двох відрізків, на які поділено діаметр кола, або при $\lambda_x = (cp)_x = 1$ у (16), (17), може бути розрахована так:

$$h_C = \sqrt{L_{0A} \cdot L_{0B}} = \sqrt{(K_q \cdot R_b) \cdot (P_b / K_q)}. \quad (39)$$

Для зручності надання матеріалу тут, h_C , і далі, індексом «С» будемо виділяти величини, які відносяться до точки С суміщеного графіка.

На рис. 5 а прямі $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h_x)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(h_x)$ перетинають коло у точках, відповідно, Е та D. Зі збільшенням λ_x , точка $|-h_{\lambda}| = \lambda_x \cdot R_b$ перетину прямої $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h_x)$ з віссю абсцис переміщується у бік точки С і далі у від'ємну область шкали. При цьому точка Е по колу переміщується проти стрілки годинника.

Зі зменшенням $(cp)_x$ точка $|-h_{(cp)}| = P_x / (cp)_x$ перетину прямої $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(h_x)$ з віссю абсцис переміщується у бік точки С і далі у від'ємну область шкали, а точка D по колу переміщується за стрілкою годинника, тобто на зустріч точці Е.

Положення точок Е, D на колі збігаються з точкою С коли $|-h_{C\lambda}| = |-h_{C(cp)}| = |-h_C|$. При цьому сума кутів $\psi_C + \theta_C$ нахилу прямих $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h_x)$ та $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(h_x)$ до вісі абсцис графіка дорівнює $\pi/2$ і, отже, при $\lambda_{Cx} = (cp)_{Cx}$, також і $a_{xC} = 1$. Тоді:

$$h_C = \sqrt{\lambda_x \cdot R_b \cdot \frac{P_b}{(cp)_x}} = \sqrt{a_{xC}} \cdot \sqrt{R_b \cdot P_b} = \sqrt{(cp)_b} \cdot \frac{h_{R_b} \cdot h_{P_b}}{\lambda_b} = \frac{h_b}{\sqrt{a_b}}. \quad (40)$$

У випадку, коли прямі $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h_x)$ і $(\Delta \tau \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(h_x)$ перетинаються між собою на ділянці 0-С вісі абсцис суміщеного графіка (рис. 5б), наприклад, у точці F_1 , де $h_1 = |-h_{\lambda 1}| = |-h_{(cp)1}| = R_{x1} = P_{x1}$ або у точці F_2 , де $h_2 = |-h_{\lambda 2}| = |-h_{(cp)2}| = R_{x2} = P_{x2}$, то в результаті перетворення рівностей $R_{x1} = \lambda_{1x} \cdot R_b = P_{x1} = P_b / (cp)_{1x}$ та $R_{x2} = \lambda_{2x} \cdot R_b = P_{x2} = P_b / (cp)_{2x}$ отримуємо:

$$\beta_{1x} = \beta_{2x} = \sqrt{P_b / R_b} = 1. \quad (41)$$

Переміщення точки F взаємного перетину прямих $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h_x)$ і $(\Delta t \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(h_x)$ по вісі h графіка у бік точки С (рис. 5б), супроводжується збільшенням λ_x і зменшенням $(cp)_x$, отже, збільшенням a_x дослідного матеріалу. Значення теплової активності матеріалу при цьому не змінюється, $\beta_x = 1 = const$. Як і в попередньому випадку (рис. 5а), зміна теплопровідності, об'ємної теплоємності і температуропровідності дослідного матеріалу супроводжується переміщенням по колу точок E та D у бік вісі абсцис графіка, тобто точки С.

Характер залежності теплопровідності та об'ємної теплоємності дослідного матеріалу залежності від координати перетину, відповідно, прямої $(\Delta e_t / \bar{e}_q) = f(h_x)$ і прямої $(\Delta t \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(h_x)$ з віссю абсцис суміщеного графіка показано на рис. 6.

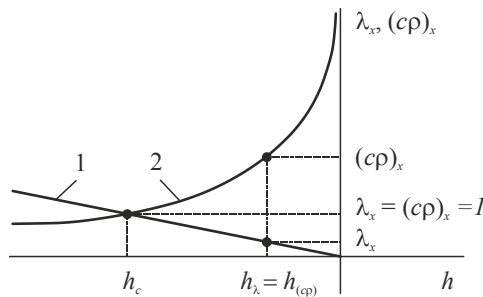


Рис. 6. Залежність значення теплопровідності 1 та об'ємної теплоємності 2 дослідного матеріалу від координати перетину прямих прямо $(\Delta e_t / e_q) = f(h_x)$ та прямої $(\Delta t \cdot \Delta e_q / \Delta e_t) = f(h_x)$ з віссю абсцис суміщеного графіка

Як бачимо, тільки у точці С, де, як було показано раніше, тепла активність дослідного матеріалу $\beta_{xC} = 1$, теплопровідність λ_{xC} матеріалу дорівнює його об'ємній теплоємності $(cp)_{xC}$ і, відповідно, тут, у точці перетину кола з віссю абсцис суміщеного графіка температуропровідність дослідного матеріалу $a_{xC} = 1$.

Прямі, які на рис. 5а, б проходять через точки С і А та точки С і В можуть бути описані рівняннями виду, відповідно (24) і (25). Отже, у разі необхідності МХ приладу при $\lambda_x = (cp)_x = a_x = \beta_x$ можуть бути визначені таким чином:

$$K_e = \frac{L_{0A}}{h_c} = \frac{h_c}{L_{0B}} = \frac{\sqrt{K_e \cdot R_b}}{\sqrt{P_b / K_q}} = \frac{K_e \cdot R_b}{\sqrt{(K_q \cdot R_b) \cdot (P_b / K_q)}} = \frac{\sqrt{(K_q \cdot R_b) \cdot (P_b / K_q)}}{P_b / K_q}; \quad (42)$$

$$R_b = P_b = \sqrt{(K_e \cdot R_b) \cdot (P_b / K_q)}. \quad (43)$$

Разом тим, як впливає з вищевикладеного, ТФХ дослідного матеріалу можуть бути розраховані з результатами вимірювання термо-ЕРС ПТ і ПТП двокоміркового приладу при нагріванні (охолодженні) зразків матеріалу в квазістаціонарному режимі без використання даних щодо МХ приладу при підстановці у формули:

$$\lambda_x = |-h_\lambda| / |-h_C|; \quad (44)$$

$$(cp)_x = |-h_C| / |-h_{(cp)}|; \quad (45)$$

$$a_x = |-h_\lambda| \cdot |-h_{(cp)}| / |-h_C|^2; \quad (46)$$

$$\beta_x = \sqrt{|-h_\lambda| / |-h_{(cp)}|}; \quad (47)$$

значень $|-h_\lambda| = \lambda_x \cdot R_b$, $|-h_{(cp)}| = P_b / (cp)_x$ та $|-h_C| = R_b = P_b$, розрахованих за рівняннями (31), (32) та рівнянням (39) з використанням (28), (30).

Висновок

1. У більшості методик визначення теплофізичних характеристик матеріалів передбачається попереднє проведення експериментів з еталонними матеріалами, за відомими характеристиками яких розраховують метрологічні характеристики приладу.

2. Для підвищення точності результатів досліджень розроблено принципово новий спосіб комплексного визначення ТФХ матеріалу, за яким ТФХ матеріалу та МХ приладу визначаються одночасно за результатами експерименту зі зразками дослідного матеріалу.

3. Можливість одночасного отримання інформації щодо значень ТФХ матеріалу і МХ приладу дає змогу підвищити точність дослідження температурних залежностей характеристик матеріалів шляхом врахування можливої зміни характеристик приладу та зразка від температури.

Література

1. Мазуренко О.О., Коломієць Д.П., Луценко В.В., Мазуренко О.Г. Теплометричні способи та прилади вимірювання теплофізичних характеристик харчових продуктів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. Т.25. № 1. С. 139—160.
2. Стадник Б.І., Яцишин С.П. Термоелектричні перетворювачі. Дослідження інструментальної похибки. *Системи обробки інформації*. 2009, випуск 5(79). С.106—109.
3. Яцишин С.П. Розвиток теоретичних основ і створення методів і алгоритмів мінімізації похибок термоперетворювачів на основі статистичної термодинаміки: дис. доктора техн. наук: 05.11.04. Львів, 2008. 275 с.
4. Перетворювачі термоелектричні. Номінальні статичні характеристики: ДСТУ 2837—94. Київ, Держстандарт України, 1994
5. Дорожовець М.М. Обробка результатів вимірювань. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2007. 621 с.
6. Науменко А.М., Сизоненко В.М. Оцінка основних похибок вимірювальних перетворювачів температури. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*, 2014, випуск 1 (38). С. 222—225
7. Платунов Е.С., Буравой С.Е., Курепин В.В., Петров Г.С. Теплофизические измерения и приборы: книга / под общ. ред. Е.С. Платунова. Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. 256 с.
8. Теплометрия: теория, метрология, практика: монография в трех частях. Кн. 1: Методы и средства измерения теплового потока / под ред. Т.Г. Грищенко. Київ: ИТГФ НАН України, 2017. 438 с.
9. Температурные измерения: Справочник / О.А. Герашенко и др.; отв.ред. О.А. Герашенко. Киев : Наук. думка, 1989. 704 с.
10. Теоретические основы теплофизики. Теплотехнический эксперимент : Справочник / под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина 2-е изд., перераб.: Москва: Энергоатомиздат, 1988. 560 с.
11. Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., and Lavine, A. S.: *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, 6th Edn., 2007

THE CONCEPT USE OF ELECTRODIALTORS IN THE WATER TREATMENT EQUIPMENT IN RESPONSE TO SUBTLEMENTAL SITUATIONS IN FOOD PRODUCTION

N. Zaiets

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

V. Shtepa

Kiev National University of Technology and Design

Key words:

*Electrotechnological
complex
Automation
Abnormal situation
Maximum permissible
concentration
Electrodialysis*

Article history:

Received 11.03.2019
Received in revised form
01.04.2019
Accepted 19.04.2019

Corresponding author:

N. Zaiets
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article assesses the relevance of the solution of the scientific and technical problem of improving the approaches to the removal of pollutants from the wastewater of food production, taking into account emergency situations. Key pollutants of dairy, bakery, alcohol and sugar enterprises were identified. On the basis of systematization of types of pollutants from wastewater of enterprises, a list of pollutants with the largest concentrations has been formed and typical ways to eliminate them are presented. A classification of wastewater pollutants and methods for their purification are proposed, based on the specifics of real objects by analyzing the recommendations of regulatory documents for designing wastewater treatment systems to the maximum allowable concentrations.

Gradation of emergency situations in the context of the environmental safety and the ability of treatment plants to counteract their negative consequences was developed. The architecture of the system for removing pollutants from food production effluents is complemented by a block for utilization of concentrated wastewater. The existing technical solutions for deep water purification are analyzed and it is proposed to use the electro dialysis installation electro-technological complex in emergency situations.

An imitative assessment of the energy parameters of using electro dialysis equipment was carried out at various static values of the quality of the aqueous solution and performance indicators. The calculation of the parameters of the imitative study of the electro dialysis water treatment process was based on the typical recommendations of electro dialysis designing, and the value of wastewater flow rates varied from 20 m³/h to 110 m³/h with a step of 30 m³/h. The results of the simulation assessment demonstrated the acceptability of the proposed approach to the application of electrical technologies in emergency situations in the food industry.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-18

КОНЦЕПЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ВОДООЧИСНОГО ЕЛЕКТРОДІАЛІЗНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЯХ НА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВАХ

Н.А. Засць

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В.М. Штепа

Київський національний університет технологій та дизайну

У статті оцінено актуальність вирішення науково-технічного завдання удосконалення підходів щодо видалення забруднювачів зі стічних вод харчових виробництв з урахуванням нештатних ситуацій. Виділено ключові забруднювачі стоків молокозаводу, хлібокомбінату, спиртового та цукрового підприємств. На основі систематизації типів забруднювачів стічних вод підприємств сформовано перелік забруднювачів із найбільшими концентраціями та представлено типові способи їх усунення. Запропоновано класифікацію забруднювачів стічних вод і способів їх очищення, виходячи зі специфіки реальних об'єктів за допомогою аналізу рекомендацій нормативних документів проектування систем очищення стоків до гранично допустимих концентрацій.

Розроблено градацію нештатних ситуацій у контексті екологічної безпеки довкілля та здатності очисних споруд протидіяти їхнім негативним наслідкам. Архітектуру системи видалення забруднювачів із стоків харчових виробництв доповнено блоком утилізації концентрованих стічних вод. Проаналізовано існуючі технічні рішення глибокого водоочищення та запропоновано при нештатних ситуаціях використовувати електротехнологічний комплекс електродіалізної установки.

Проведено імітаційну оцінку енергетичних параметрів використання електродіалізного обладнання при різних статичних значеннях якості водного розчину та експлуатаційних показників. Розрахунок параметрів імітаційного дослідження процесу електродіалізного водоочищення базувався на типових рекомендаціях проектування електродіалізерів, а значення витрат стічних вод змінювалось від 20 м³/год до 110 м³/год із кроком 30 м³/год. Отримані результати імітаційної оцінки продемонстрували прийнятність запропонованого підходу застосування електротехнологій при нештатних ситуаціях на харчових виробництвах.

Ключові слова: електротехнологічний комплекс, автоматизація, нештатна ситуація, гранично допустима концентрація, електродіаліз.

Постановка проблеми. Стічні води підприємств харчової промисловості — це складна фізико-хімічна система, різноманітна як щодо компонентного складу, так і за концентрацією, в якій поряд із розчиненими речовинами містяться частинки різного ступеня дисперсності. Такі стоки містять: жир, молоко, шерсть, кров, солі, мінеральні нерозчинні домішки, миючі засоби тощо.

Ці води характеризуються високими показниками біологічного споживання кисню (БСК), хімічного споживання кисню (ХСК), зважених речовин тощо. При цьому в результаті дії нештатних ситуацій (НС) можливі залпові викиди забруднювачів, коли останні значно перевищують свої проектні значення, створюючи значну екологічну небезпеку для довкілля, що вимагає впровадження у реальний сектор економіки України новітніх методик використання технічних засобів превентивної протидії таким НС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Без попереднього очищення стоки підприємств харчової індустрії не можуть бути спрямовані на комунальні очисні споруди або в природні водойми. Таке їх надходження призведе до порушення кисневого режиму, видовому зміни мікрофлори та інших негативних процесів [1]. Крім того, стічні води цієї категорії, потрапляючи в каналізаційну мережу, призводять до корозії колекторів, замулювання трубопроводів, збільшують обсяги подачі повітря на аерацію тощо [2].

Застосовувані на промислово-комунальних об'єктах методи і технології очищення висококонцентрованих стоків є недосконалыми (головним чином через незначну кількість існуючих вимірювальних комплексів, здатних працювати у режимі реального часу), і, в ряді випадків, не забезпечують необхідний ступінь очищення й утилізацію всіх побічних продуктів [3]. Крім того, застосовувані рішення не завжди є економічно обґрунтованими й енергетично ефективними. При цьому на етапі проектування комплексно не враховується потенційна дія НС, що негативно впливає на експлуатаційну надійність електротехнологічного комплексу харчових виробництв [6].

Тож удосконалення підходів до видалення забруднювачів зі стічних вод з урахуванням НС є актуальним і перспективним науко-технічним завданням.

Мета дослідження: обґрунтування концепції удосконалення науково-технічних рішень видалення забруднювачів зі стоків підприємств харчової індустрії з урахуванням потенційної дії НС шляхом використання електротехнологічних засобів водоочищення.

Матеріали і методика. На основі систематизації забруднювачів стічних вод молокозаводу, хлібокомбінату, спиртового та цукрового підприємств [4] отримано перелік забруднювачів із найбільшими концентраціями та представлено типові способи їх усунення (табл. 1). Аналіз рекомендацій нормативних документів проектування систем очищення стоків до гранично допустимих концентрацій (ГДК) дав змогу запропонувати такі способи очищення: механічний, біологічний, хімічний, фізико-хімічний, реалізуючи їх комбінацію з огляду на специфіку реальних об'єктів (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація забруднювачів стічних вод і способів їх очищення

№ п/п	Забруднювач із максимальною концентрацією	Базові способи очищення стоків від забруднювачів
1	2	3
1	Окислюваність (понад 500 мгО ₂ /л; при нормативних вимогах — 5—7 мгО ₂ /л)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний
2	Запах (понад 60 балів; при нормативних вимогах — 2 бали)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний

Продовження табл. 1

1	2	3
3	БСК _{пов} (понад 3000 мгО ₂ /л; при нормативних вимогах — 3 мгО ₂ /л)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний
4	ХСК (понад 4000 мгО ₂ /л; при нормативних вимогах — біля 15-30 мгО ₂ /л)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний
5	pH (діапазон 4—7; при нормативних вимогах — 6,5—8,5)	Хімічний, фізико-хімічний
6	Фосфор загальний (понад 16 мг/л; при нормативних вимогах — до 2 мг/л)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний
7	Азот загальний (понад 30 мг/л; при нормативних вимогах — 0,5 мг/л)	Хімічний, біологічний, фізико-хімічний
8	Завислі частинки (понад 20000 мг/л; при нормативних вимогах — 50—60 мг/л)	Механічний, хімічний, фізико-хімічний
9	Сухий залишок (понад 10 000 мг/л; при нормативних вимогах — біля 1000 мг/л)	Механічний, хімічний, фізико-хімічний
10	Хлориди (понад 1500 мг/л; при нормативних вимогах — 250 мг/л)	Фізико-хімічний

Нештатні ситуації щодо водоскиду доцільно оцінити з урахуванням їх тривалості, небезпеки для навколишнього природного середовища та способів утилізації продуктів (табл. 2).

Таблиця 2. Оцінка нештатних ситуацій щодо водоскиду на харчових виробництвах

№ п/п	Нештатна ситуація (часово-об'ємна характеристика)	Шляхи усунення	Екологічні наслідки при неякісному очищенні
1	Короткотривалий викид незначного об'єму (без порушення штатного режиму функціонування виробничого обладнання)	Існуючими очисними спорудами у штатному режимі із врахуванням кондиціонування забруднювачів у загальному потоці стічних вод	Відсутні або мінімальні
2	Короткотривалий викид значного об'єму (із порушенням штатного режиму функціонування виробничого обладнання, але із відновленням його функціональності)	Існуючими очисними спорудами при додаткових ресурсозатратах (підвищені дози реагентів, витрати електроенергії)	Значні
3	Зупинка виробництва із накопиченими у технологічному об'ємі концентратів забруднювачів (невикористаних інгредієнтів, продуктів виробничих процесів тощо)	Існуючими очисними спорудами при додаткових ресурсозатратах (підвищенні дози реагентів, витрати електроенергії) та залученням спеціалізованого обладнання (утилізація повинна бути оперативною, щоб не утворились побічні забруднювачі)	Катастрофічні

При цьому критичною межею переходу від значних до катастрофічних наслідків є наявність забруднювачів, які ефективно не видаляються штатним обладнанням очисних споруд і/або потребують застосування нових засобів (наприклад, додаткової номенклатури реагентів), а час на утилізацію кон-

центрованих стоків критично обмежений. Відповідно, режим утилізації — періодичний (виробництво зупинено) до повного усунення небезпеки для довкілля (табл. 2).

Схему очисних споруд із здатністю протидіяти катастрофічним НС доцільно спроектувати у вигляді байпасного контуру: із поверненням, при необхідності, концентрованих стічних вод на повторне опрацювання у блоці утилізації (рис. 1).



Рис. 1. Варіант комбінованого комплексу електротехнологічних процесів очищення стоків харчових виробництв з урахуванням дії НС
(осад блоку первинного механічного очищення подається на блок опрацювання осаду)

В електротехнологічний комплекс водоочищення (рис. 1) необхідно інтегрувати блок керування (рис. 2), який би вирішував завдання: подачі/неподачі стоків на очисні споруди; оцінка стану якості стоків, які надходять на очищення та їх якості після очищення; розрахунок додаткових ресурсовитрат для протидії НС різного характеру (табл. 2).

Завдання блоку керування при дії НС забезпечити електротехнологічні процеси для:

- збільшення доз реагентів для нейтралізації;
- збільшення доз флокулянтів;
- збільшення доз коагулянтів;

- можливого транспортування концентрованих стоків повз біологічне очищення — мікроорганізми у біореакторах можуть загинути, наприклад, від залпових викидів токсичних сполук;
- збільшення доз для знезараження;
- інтенсифікація біологічних процесів;
- вибір режимів блоку утилізації.



Рис. 2. Структура електротехнологічного комплексу реалізації процесів очищення стоків харчових виробництв з урахуванням нештатних ситуацій

Аналізуючи структуру забруднювачів (табл. 1) можна стверджувати, що більшість типових забруднювачів видаляються в основній схемі очисних споруд (рис. 1) шляхом:

- збільшення подачі реагентів і діючих сполук;
- інтенсифікації біологічного окислення повітря;
- часу опромінення.

Однак для отримання ГДК за вмістом *хлоридів, ХСК та сухого залишку* необхідно застосувати одне з технічних рішень глибокого водоочищення [5]:

1. Дистилування. Діапазон застосування: очищення води до дистилату (200 кОм · см). Метод відносно простий, однак дуже енергозатратний (більш 0,7 кВт/дм³) і великі втрати води на допоміжні потреби (на 1 дм³ дистилату витрачається 7 дм³ і більше вихідної води для охолодження). При цьому без попереднього пом'якшення води, що очищається, дистилатор швидко заростає накипом, що різко збільшує його енергоємність. Очищення дистилатора від накипу — процес тривалий і дорогий.

2. Іонообмін. Діапазон застосування: від очищення води середньо мінералізованої (менше 4 г/дм³) до води глибокої очистки (18 Мом · см). До недоліків відноситься необхідність періодичної регенерації смол хімічними реагентами (розчинами сірчаної або соляної кислот або їдкого натру), що робить цей метод складним в обслуговуванні й екологічно небезпечним. Втрати вихідної води — 3—5% на регенерацію і промивку.

3. Зворотний осмос. Діапазон застосування: від сильно мінералізованої (40 г/ дм³) до дистилату (200—250 кОм · см). До переваг методу відноситься робота у широкому діапазоні забруднювачів, глибоке очищення від мікрочастинок, органіки і токсинів. До недоліків відносяться підвищені вимоги до попередньої підготовки води, що очищається (вміст вільного хлору не більше 0,1 мг/дм³, загального заліза — не більше 50 мкг/дм³, колоїдний індекс — не більше 4). Метод досить складний і вимагає підвищеної уваги при обслуговуванні. Картриджі такого фільтру працюють при підвищеному тиску та мають середній термін служби 15 місяців. При цьому втрати вихідної води із солевим концентратом від 60% до 20% (залежно від мінералізації вхідної води).

4. Електродіаліз. Процес мембранного поділу, в якому іони розчиненої речовини переносяться через мембрану під дією електричного поля. Рушійною силою процесу є градієнт електричного потенціалу. Електричний струм переносить катіони з вихідного розчину в потік концентрату через катіонообмінну мембрану, розташовану з боку катоду. Катіони затримуються в цьому потоці аніонообмінної мембраною з боку катоду.

Саме останній електротехнічний агрегат вибирається як «Блок утилізації» (рис. 2), оскільки:

- має незначні витрати електроенергії — 1—2 Вт/дм³;
- відбувається очищення води різної мінералізації до будь-якої чистоти, при цьому є можливість регулювання глибини очищення води регулюванням дебету води, що очищається;
- мають місце мінімальні втрати вихідної води (безповоротні втрати тільки на етапі її попередньої підготовки — до 10%);
- очищує рідкі радіоактивні відходи;

- забезпечує очищення хімічних скидів з поверненням до 90% чистої води в технологічний процес;
- збільшує концентрацію хімічних розчинів (до 4%);
- можлива повна автоматизація такого електротехнологічного водоочиснення;
- комплекс може працювати у періодичному режимі з оперативним, при необхідності, включенням у схему системи видалення забруднювачів без складних підготовчих операцій.

Імітаційну оцінку енергетичних параметрів використання електродіалізного обладнання провели при різних статичних значеннях якості водного розчину й експлуатаційних показників (табл. 3).

Таблиця 3. Параметри імітаційного дослідження процесу електродіалізного водоочиснення

Параметр	Значення	Одиниця вимірювання
Концентрація іонів Ca^{2+}	6	мг-екв/дм ³
Концентрація іонів Mg^{2+}	5	мг-екв/дм ³
Концентрація іонів Na^{2+}	12	мг-екв/дм ³
Концентрація іонів HCO_3	11	мг-екв/дм ³
Концентрація іонів SO_4^{2-}	9	мг-екв/дм ³
Концентрація іонів Cl	43	мг-екв/дм ³
Температура вхідної води	+17	°C
Мінералізація після водоочиснення	700	мг/дм ³
Плановий вихід по струму	0,87	—
Густина струму	8,87	А/м ²

Значення витрат змінювалось від 20 м³/год до 110 м³/год із кроком 30 м³/год. Розрахунок базувався на типових рекомендаціях проектування електродіалізерів [6].

Отримані результати імітаційної оцінки продемонстрували прийнятність запропонованого підходу застосування електротехнологій для протидії НС (рис. 3, 4).

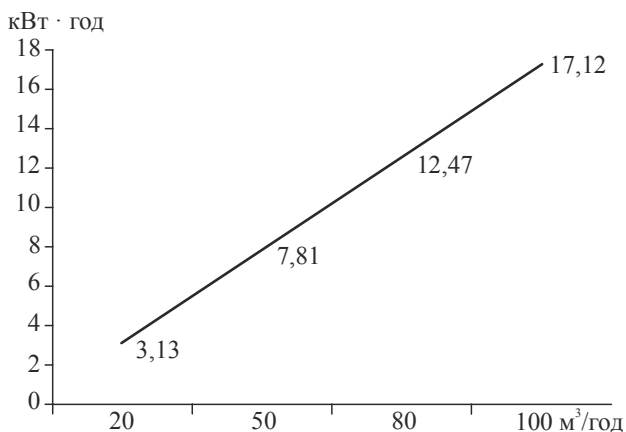


Рис. 3. Теоретична оцінка витрат електроенергії в електродіалізній установці при змінних витратах стоків

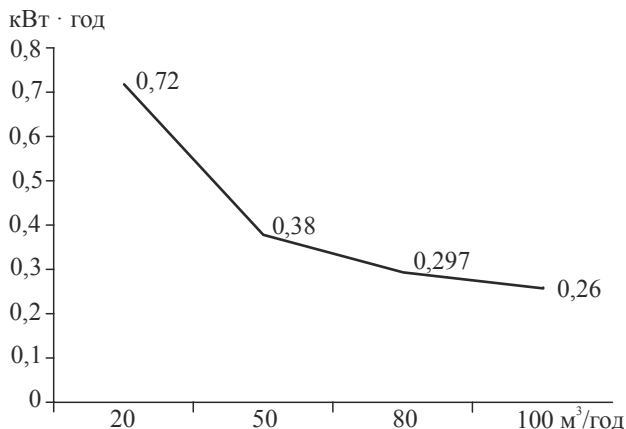


Рис. 4. Теоретична оцінка витрат електроенергії на очищення 1 м³ водного розчину електродіалізічним комплексом при змінних витратах стоків (ураховується функціонування електронасосних агрегатів)

Водночас недоліком електродіалізного устаткування є необхідність попереднього очищення, особливо стосовно показників:

- окислюваність — не більше 5 мгО₂/дм³;
- концентрація завислих частинок — не більше 2 мг/дм³;
- сумарна концентрація загального заліза та марганцю — не більше 0,05 мг/дм³.

Саме у випадку настання НС (особливо потенційно катастрофічного характеру) необхідно передавати додаткову інформацію на блок керування (рис. 2) стосовно орієнтовних концентрацій забруднювачів, які потрапляють у стічні води від технологічних процесів (рис. 5).



Рис. 5. Структура подання додаткової інформації на блок керування водоочищенням (режим нештатної ситуації)

Застосування таких модулів (рис. 5) дасть ефективніше та надійніше експлуатувати електротехнологічний комплекс електродіалізера, оскільки забезпечить ефективну попередню очистку на елементах основних очисних

споруд і розрахунок режимів самого електродіалізера до потрапляння у нього висококонцентрованих стоків.

Висновки

Виділено ключові забруднювачі стоків молокозаводу, хлібокомбінату, спиртового та цукрового підприємств та проведено класифікацію способів їх очищення. Показано, що для забезпечення ефективної протидії нештатним ситуаціям на харчових виробництвах за каналом «водоскид» необхідно передбачити на основних очисних спорудах можливість оперативного збільшення витрат реагентів та інших ресурсів при настанні НС. Також у схему водоочищення необхідно включити блок утилізації висококонцентрованих стоків, застосувавши як останній електротехнологічний комплекс електродіалізера (імітаційно встановлено загальні енерговитрати на видалення забруднювачів із 1 м^3 потенційних стоків підприємств — порядку $0,2 \div 1,0 \text{ кВт} \cdot \text{год}$).

Література

1. Чеботаева М. В. Очистные сооружения BIOMAR® в индустрии напитков в России. *Отраслевой научно-практический журнал «Пиво и Напитки»*. 2008. № 4. С. 44—45.
2. Шустер К. Технология напорной флотации V&S-DAF. *Научно-практический журнал «Экология производства»*. 2007. № 4. С 1—4.
3. Гончаров Ф., Штепа В., Методологія підвищення екологічної безпеки об'єктів агропромислової та харчової індустрії. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2012. № 16 (30), ч. 2. С. 97—10.
4. Засць Н., Штепа В., Систематизація електротехнологічних комплексів водоочищення харчових виробництв. *Енергетика і автоматика: електрон. наук. фахове вид.* 2018. № 4. С. 49—62. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/11554>, (дата звернення : 08.11.2018).
5. URL: <http://aquaros.ru/analiticheskiy-obzor-metodov-ochistki-vody> (дата звернення: 24.11.2018).
6. Chao Y., Liang T. A feasibility study of industrial wastewater recovery using electro-dialysis reversal. *Desalination*. 2008. V. 221. No. 3. P. 433—439.

УДК 641.523

RETROFITTING RENNER RS-132 SCREW COMPRESSOR UNIT WASTE HEAT RECOVERY SYSTEM

V. Pavelko, B. Mudrak

National University of Food Technologies

Key words:

Retrofitting
Screw compressor unit
Heat recovery
Computer simulation
Heat exchangers

Article history:

Received 12.03.2019
Received in revised form
01.04.2019
Accepted 22.04.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

This paper proves feasibility of improvement of the waste heat recovery system for the heat carried away from RENNER RS-132 screw compressor unit during its operation. Results of experimental tests of heat and hydrodynamic modes of the plate heat exchanger, one of major elements of the compressor unit cooling system, are given.

A computer model created for optimization of RENNER RS-132 screw compressor unit waste heat recovery system is based on the full 3D model of the plate heat exchanger allowing to use simulation results to optimize heat and hydrodynamic modes of operation of such heat exchanger.

The simulation procedure includes discretization of the studied geometry by using computational meshes making it possible to present physical and mathematical description of the heat transfer agent flow inside the plate space based on the numeric computation of Reynolds averaged Navier-Stokes equations closed by using RNG-K-E turbulence model with unbalanced wall functions.

The study is scientifically novel in that optimal design characteristics and operating parameters of the compressor cooling system. It has been proved that heat recovery by using RENNER RS-132 screw compressor unit cooling system increases its operational reliability and contributes to a reduced product cost.

It has been further proved that the compressor unit waste heat recovery system optimization model can be used in retrofitting of modern screw compressor units.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-19

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ГВИНТОВОГО КОМПРЕСОРНОГО АГРЕГАТА RENNER RS-132

В.І. Павелко, Б.О. Мудрак

Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано доцільність удосконалення системи утилізації теплоти, що відводиться з гвинтового компресорного агрегата RENNER

RS-132 в процесі його експлуатації. Представлено результати експериментального дослідження теплових і гідродинамічних режимів роботи пластинчатого теплообмінника — одного із основних елементів системи охолодження компресорного агрегата.

Створена комп'ютерна модель оптимізації системи утилізації теплоти компресорного агрегата RENNER RS-132 базується на повній тривимірній моделі пластинчатого теплообмінника, що дає змогу використовувати результати моделювання для оптимізації теплових і гідродинамічних режимів роботи цього теплообмінника.

Процедура моделювання передбачає дискретизацію дослідної геометрії за допомогою розрахункових сіток, що дає змогу представити фізико-математичний опис течії теплоносія всередині пластинчастого простору, який базується на чисельному розв'язанні осереднених за числом Рейнольдса рівнянь Нав'є-Стокса, замкнених за допомогою RNG-K-E моделі турбулентності з не рівноважними пристінними функціями.

Наукова новизна дослідження полягає у визначенні оптимальних конструктивних характеристик і параметрів роботи системи охолодження компресора. Підтверджено, що рекуперація теплоти за допомогою системи охолодження гвинтового компресорного агрегата RENNER RS-132 підвищує надійність його роботи, сприяє зменшенню собівартості виробленої продукції. Комп'ютерна модель оптимізації системи утилізації теплоти компресорного агрегата може бути використана для впровадження при здійсненні модернізації сучасних гвинтових компресорних агрегатів.

Ключові слова: удосконалення, гвинтовий компресорний агрегат, утилізація теплоти, комп'ютерне моделювання, теплообмінники.

Постановка проблеми. Сучасні гвинтові компресорні агрегати тиску RENNER RS-132, що використовуються в різних галузях промисловості для стиснення повітря (газів), обладнані системами охолодження (утилізації) теплоти, яка виділяється під час їхньої експлуатації і повинна постійно відводитись від компресора. Рекуперація теплоти, що відводиться, здійснюється за допомогою теплообмінних апаратів. У зв'язку з тим, що з плином часу експлуатаційні характеристики роботи компресорів погіршуються (за деякими даними [1] протягом 2—5 років спостерігається зниження продуктивності компресора на 25—30%), виникає необхідність в удосконаленні (модернізації) конструкції компресора, зокрема системи утилізації відвідної теплоти. Модернізація цієї системи дасть змогу покращити процес експлуатації компресорних агрегатів і зменшити витрати на виробництво продукції.

Мета статті: розробити і запропонувати комплекс заходів щодо підвищення енергоефективності гвинтових компресорних агрегатів типу RENNER RS-132, зокрема системи утилізації відхідної теплоти з них.

Матеріали і методи. Нижче наведено приклад розробленого нами варіанта удосконалення системи утилізації (охолодження) теплоти, що відводиться від компресора, шляхом підбору й установки в цій системі вискоелективних теплообмінників. Вибір і установку сучасних енергоефективних теплообмін-

ників у вищезазначеній системі пропонується здійснювати на підставі виконаного дослідження теплових і гідродинамічних режимів їх роботи.

Вищеназване дослідження являє собою створення комп'ютерної моделі пластинчастого теплообмінного апарата в пакеті ANSYS Fluent [2]. Розроблена модель базується на повній тривимірній моделі пластинчастого теплообмінника, що дає змогу використовувати результати моделювання для оптимізації теплових і гідродинамічних режимів роботи цього теплообмінника.

Процедура моделювання передбачає дискретизацію дослідної геометрії за допомогою розрахункових сіток, що забезпечує фізико-математичний опис течії теплоносія всередині пластинчастого простору, який базується на чисельному, розв'язанні осереднених за числом Рейнольдса рівнянь Нав'є-Стокса, замкнених за допомогою RNG-K-E моделі турбулентності з нерівноважними пристінними функціями [3].

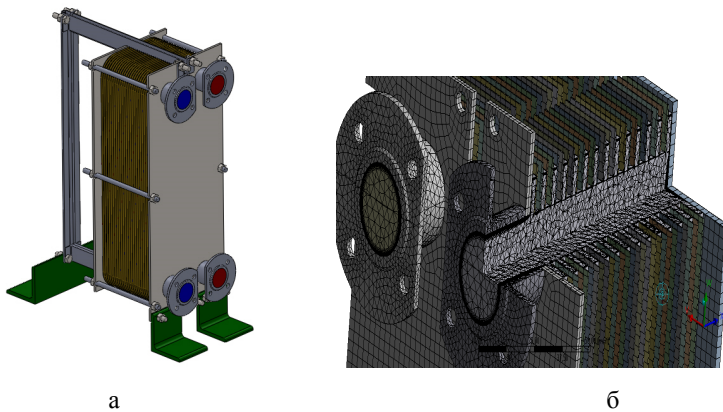


Рис. 1. а) комп'ютерна модель пластинчастого теплообмінника в ANSYS; б) скінченно-елементна сітка моделі пластинчастого теплообмінника

На рис. 1 а зображена комп'ютерна модель і її скінченно-елементна сітка (рис. 1б) пластинчастого теплообмінника, а в таблиці 1 наведені його геометричні параметри.

Таблиця 1. Геометричні параметри моделі пластинчастого теплообмінника

Позначення	Числове значення
Габарити (ДхШхВ),мм	311x112x0,4
Поверхня теплообміну, кв. м	0,025
Вага, кг	0,1
Площа поперечного перерізу каналу, кв. м	0,00031
Змочуваний периметр у поперечному перерізі каналу, м	1,188
Ширина каналу, мм	25

CFD-моделі течії ґрунтується на побудові геометричної моделі розрахункової області, дискретизації розрахункової області параметром сітки кінцевих елементів і заданим граничним умовам. Тривимірна розрахункова сітка для випадку течії потоку всередині теплообмінника представлена на рис. 1б.

Поставлена задача вирішувалась в стаціонарному режимі з дотриманням вимоги досягнення незалежності рішення від щільності розрахункової сітки. При моделюванні обраного типорозміру вибирались незмінними такі граничні умови:

- температура гарячого теплоносія на вході в теплообмінний апарат ТОА $t_{вх1г} = 90^{\circ}\text{C}$;

- температура холодного теплоносія на вході в ТОА $t_{вх1х} = 15^{\circ}\text{C}$.

Гарячим теплоносієм було мастило, а холодним — дистильована вода

Витрата гарячого теплоносія дорівнювала $0,405 \text{ м}^3/\text{с}$, а холодного — $0,108 \text{ м}^3/\text{с}$. Теплофізичні властивості води та мастила записувались у вигляді поліміальних залежностей їх від температури, які наведені нижче.

Для води:

- густина: $\rho(t) = -0,0035t^2 - 0,0877t + 1001,2$;

- теплоємність: $C_p(t) = -0,0157t^2 - 1,3432t + 4202,5$;

- теплопровідність: $\lambda(t) = -1E - 0,05t^2 - 0,0026t + 0,5508$

Для мастила:

- густина: $\rho(t) = 0,6231t + 974,33$;

- теплоємність: $C_p(t) = 1E - 0,8t^4 - 4E - 0,6t^3 + 0,0005t^2 - 0,0231t + 0,4626$;

- теплопровідність: $\lambda(t) = -2E - 0,9t^3 + 2E - 0,6t^2 - 0,0003t + 0,0264$

Результати і обговорення. У результаті комп'ютерного моделювання на основі створеної 3D — моделі отримано розподіл температур, швидкостей руху, змін теплових і гідродинамічних характеристик теплоносіїв у процесі руху їх у пластинчастому теплообміннику.

Результати комп'ютерного моделювання в пакеті ANSYS представлені на рис. 2, 3, 4. На рис. 2 зображений розподіл температур теплоносіїв на вході і виході з теплообмінника, на рис. 3 — зміна температури теплоносіїв у між пластинчастому просторі теплообмінника, а на рис. 4 — розподіл температур на поверхні пластин ТОА.

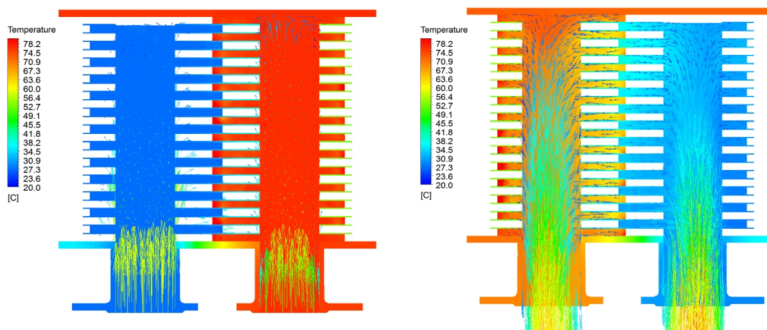


Рис. 2. Результати комп'ютерного моделювання в ANSYS:
 а — Розподіл температур теплоносіїв на вході до теплообмінника;
 б — Розподіл температур теплоносіїв на виході з теплообмінника

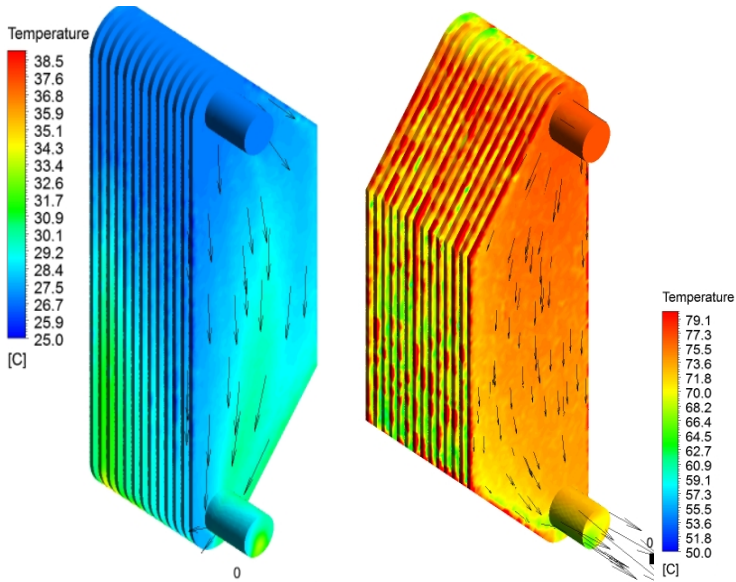


Рис. 3. Зміна температури теплоносіїв у міжпластинчастому просторі ТОА: а — холодний теплоносій; б — гарячий теплоносій

Як видно із рис. 2, 3, різниця температур гарячого теплоносія на вході і виході із ТОА складає 22°C, а для холодного теплоносія ця різниця сягає значення 35°C. Це дає підстави для визначення результатів комп’ютерного моделювання цілком задовільними і прийнятними для подальших розрахунків і оптимізації роботи ТОА в діапазоні заданих параметрів.

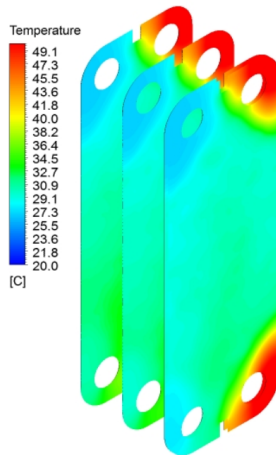


Рис. 4. Розподіл температур на поверхні пластини ТОА

Аналогічно з тепловими були досліджені гідравлічні характеристики пластинчастого теплообмінника. Отримані, зокрема, дані про зміну тиску на вході і виході з ТОА як для гарячого, так і холодного теплоносія (рис. 5, 6).

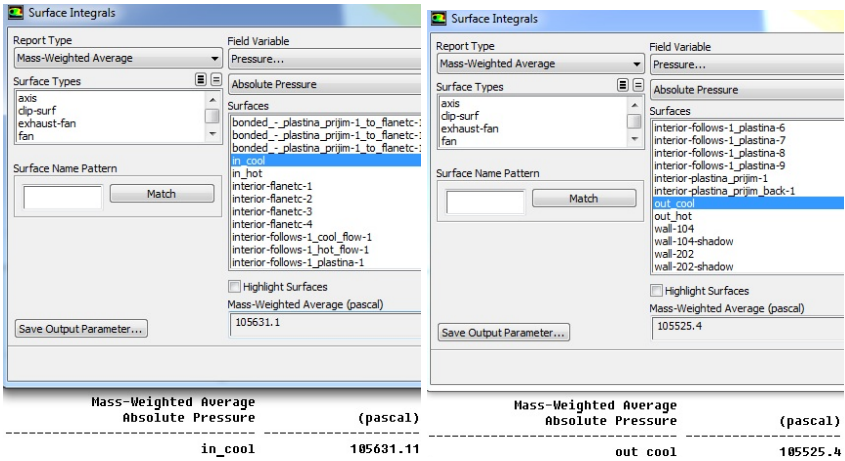


Рис. 5. Зміна тиску на вході і виході холодного теплоносія в пластинчастому теплообміннику

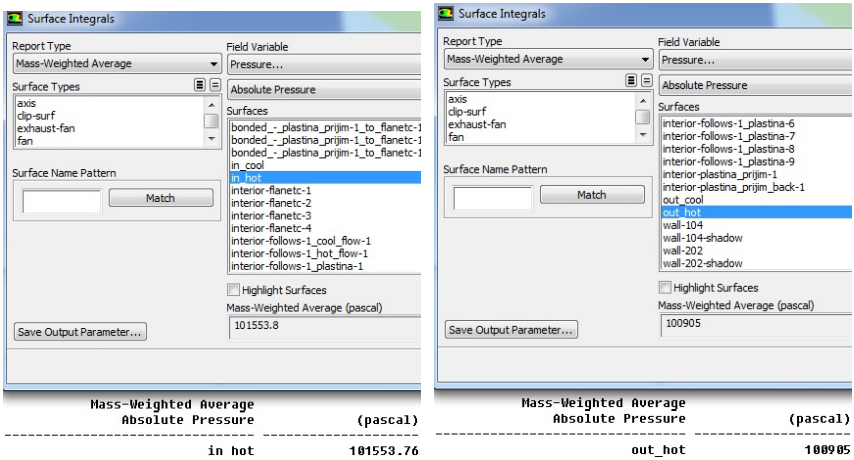


Рис. 6. Зміна тиску на вході і виході гарячого теплоносія в пластинчастому теплообміннику

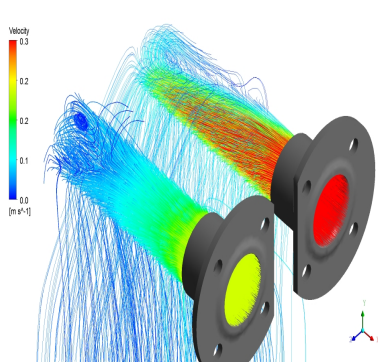


Рис. 7. Зміна швидкостей теплоносіїв на вході в теплообмінник

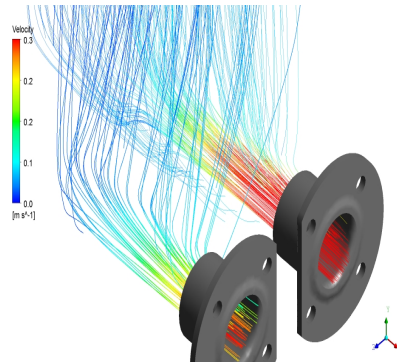


Рис. 8. Зміна швидкостей теплоносіїв на виході із теплообмінника

Виконане комп'ютерне моделювання зміни швидкостей теплоносіїв при проходженні їх через теплообмінник представлено на рис. 7 і 8, де показана зміна швидкостей теплоносіїв на вході і виході із теплообмінника.

Висновки

1. Практичне значення отриманих результатів виконаного дослідження полягає у можливості впровадження цього проекту в системах утилізації відхідної теплоти в гвинтових компресорах типу RENNER RS-132.

2. Запропонований варіант модернізації системи охолодження компресорного агрегата суттєво підвищує енергоефективність цього елемента і в цілому всієї системи утилізації теплоти, що відводиться від компресора під час його експлуатації.

Література

1. Автономова И.В., Мазурин Э.Б., Братусь А.Ф. Разработка технологической схемы компрессорной установки с рекуперацией теплоты. *Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». Спец. выпуск «Вакуумные и компрессорные машины и пневмооборудование».* 2011. С. 78—97.
2. Система моделирования движения жидкости и газа Flow Vision. Руководство пользователя. М.: ТЕСИС. 2006. 332 с.
3. Paulsen P., Smulders F.J.M, Modeling in meat science, Encyclopedia of Meat Sciences. Second Edition, Elsevier. 2014. 350 с.
4. Уалиев Д.Ш., Шайманова Ж.К. Смазочно-охлаждающие жидкости — основа эффективной работы промышленности. *Наука, техника и образование.* 2014. С. 72—74.
5. Васильев А.В., Хамидуллова Л.Р. Воздействие смазывающих охлаждающих жидкостей в условиях предприятий машиностроения и методы его снижения. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 2006. С. 1171—1176.

PREDICTION OF THE STABILITY OF THE DISTILLERY DRINKS

S. Oliynyk, A. Kuts, O. Ostryk

National University of Food Technologies, Kyiv

V. Kovalchuk, R. Bey

State Scientific Institution "Ukrainian Research Institute for Alcohol and Biotechnology of Food Products"

Key words:

*Distillery
Production
Tinctures
Stability
Sediment
Quality
Turbidity
Stability*

Article history:

Received 06.03.2019
Received in revised form
27.03.2019
Accepted 04.04.2019

Corresponding author:

S. Oliynyk
E-mail:
lana_ol@ukr.net

ABSTRACT

The article demonstrates a topicality of identification of technological factors aimed at improving the stability of finished product, thereby improving its quality.

Samples of the tinctures have been studied: Sample № 1 using the extracts from the fruit of cranberry and dried elderberries, chokeberry, black currant, orange; Sample № 2 using the extracts of the fruit of cranberry and dried elderberries, chokeberry, black currant.

The studies engaged commonly adopted standardized and specific methods of analysis for alcoholic beverage production: organoleptic, physico-chemical, spectrophotometric, capillary-phoretic, photolorimetric, sediment microscopy, prediction of stability by testing method under critical conditions, systematization.

The efficiency of prediction for tinctures blends prepared using extracts of cranberries, cranberries and dried elderberry, aronia, black currant, orange fruit has been determined. It also has been shown that the drinks are not resistant to protein, phenolic and pectin opacities that occur at low temperatures from minus 1°C to minus 12°C.

It has been confirmed that the tinctures prepared on the basis of extracts of fruit is a complex colloidal system, the balance of which under critical conditions during the establishment of stability is violated and leads to a change in transparency, color intensity and the color itself, deterioration of taste and aroma, the appearance of opalescence, which further leads to the formation of sediment.

The adequate measures for the identified factors can increase the shelf life of tinctures up to 3 times.

ПРОГНОЗУВАННЯ СТІЙКОСТІ ЛІКЕРО-ГОРІЛЧАНИХ НАПОЇВ

С.І. Олійник, А.М. Куц, О.А. Острик

Національний університет харчових технологій

В.П. Ковальчук, Р.В. Бей

Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут спирту і біотехнології продовольчих продуктів»

У статті визначено технологічні фактори, спрямовані на підвищення стабільності готової продукції, що таким чином дає змогу підвищити її якість. Досліджено зразки настоянок: зразок № 1 — з використанням харчових екстрактів плодів брусниці і сухих ягід бузини, аронії, чорної смородини, плодів апельсину; зразок № 2 — з використанням харчових екстрактів плодів журавлини і сухих ягід бузини, аронії, чорної смородини.

У дослідженнях застосовували прийняті в лікєро-горілчаному виробництві стандартизовані та спеціальні методи аналізу: органолептичні, фізико-хімічні, спектрофотометричні, капілярнофоретичні, фотоколориметричні, мікроскопіювання осаду, прогнозування стійкості методом тестування за критичних умов, систематизації.

Визначено ефективність прогнозування для купажів настоянок, приготовлених з використанням харчових екстрактів плодів брусниці, журавлини і сухих ягід бузини, аронії, чорної смородини, плодів апельсину. Показано, що напої є нестійкими до білкових, фенольних і пектинових помутнень, що виникають за знижених температур від -1°C до -12°C .

Підтверджено, що настоянки, приготовані на основі харчових екстрактів плодів, є складною колоїдною системою, рівновага якої за критичних умов під час встановлення стійкості порушується і призводить до зміни прозорості, інтенсивності забарвлення та кольору, погіршення смаку й аромату, появи опалесценції, що в подальшому призводить до утворення осаду.

Після виявлення факторів, що впливають на стабільність, і запровадження заходів для її забезпечення, строк придатності настоянок можна збільшити втричі.

Ключові слова: лікєро-горілчане виробництво, настоянки, стійкість, осад, якість, помутніння, стабільність.

Постановка проблеми. Зовнішній вигляд, особливо прозорість, є одним з основних складових товарного вигляду лікєро-горілчаної продукції, тому дуже важливим показником її якості є стабільність без появи різного роду помутнень та осадів.

У зв'язку з цим стають виправданими підвищені вимоги до якості сировини і дотримання технологічних режимів обробки напоїв з метою досягнення їхньої гарантованої стабільності [1—3]. Згідно з ДСТУ 4257 строк придатності напоїв лікєро-горілчаних, до складу яких входять напівфабрикати та інгредієнти з великим вмістом дубильних і барвних сполук, становить три місяці.

Під час технологічної переробки плодово-ягідної та рослинної сировини існує необхідність вирішення виробничих завдань з видалення надлишку таких високомолекулярних сполук, як білкові, пектинові, фенольні речовини, які створюють труднощі в забезпеченні оптимального виходу і властивостей морсів, соків, екстрактів, знижують стабільність (колоїдну стійкість) готових напоїв при тривалому зберіганні [4—8].

Порушення рівноваги колоїдної системи готових лікero-горілчаних напоїв призводить спочатку до виникнення опалесценції, а потім — до випадання осаду [9—11].

До складу лікero-горілчаних напоїв входять спирт етиловий ректифікований, вода підготовлена та цукровий сироп, приготовлений з цукру білого, в концентраціях, які повинні забезпечувати не менше вісімдесяти консервуючих одиниць, завдяки чому вони стають стабільними до мікробних помутнень.

У лікero-горілчаних напоях виникають помутніння фізико-хімічного характеру, їх класифікують як білкові, полісахаридні, фенольні, металеві тощо. Однак така класифікація є умовною, тому що найчастіше високомолекулярні сполуки зустрічаються у вигляді подвійних, потрійних та інших гетерогенних комплексів [4—6].

Під час взаємодії поліфенолів і сполук тривалентного заліза харчових екстрактів утворюються нерозчинні сполуки, що впливають на прозорість напоїв. Надлишок заліза викликає появу важкорозчинних танатів [9; 11].

У лікero-горілчаних напоях на основі напівфабрикатів: соків спиртованих, морсів спиртованих, екстрактів спиртованих (брусничний, журавлинний, чорносмородиновий морси, вишневі і полуничні соки) з високим вмістом фенольних речовин під час зберігання утворюються осади на дні і стінках пляшки, спостерігається побуріння або знебарвлення готової продукції [2; 9; 11].

Проведений аналіз показав, що лікero-горілчані напої на основі натуральної плодово-ягідної і пряно-ароматичної сировини схильні до різних видів помутнень та утворення осадів, довго не зберігаються, що знижує їх конкурентоспроможність на світовому ринку, тому актуальним і важливим є виявлення технологічних чинників, спрямованих на підвищення стабільності готової продукції.

Метою дослідження є визначення технологічних чинників, що впливають на стійкість лікero-горілчаних напоїв.

Матеріали і методи дослідження. Зразок настоянки № 1 міцністю 20% та масовою концентрацією цукру 20 г/100 см³. У купаж настоянки входять: спирт етиловий ректифікований сорту «Люкс», вода підготовлена, цукровий сироп, харчові екстракти плодів брусниці, сухих ягід (бузини, аронії, чорної смородини), плодів апельсину, кислота лимонна харчова, колер і натуральний харчовий барвник «Карамель».

У зразку настоянки № 1 спостерігали осад, на дні пляшки та в об'ємі рідини, темно-червоно-бурого кольору у вигляді частинок різної форми і розміру, який не зникав при перемішуванні, частково осідав на дно пляшки при перевертанні. Частина осаду була сформована у вигляді округлих пластівців з розмитими краями. Частина осаду — недостатньо сформована у вигляді дрібних частинок з рваними краями.

Зразок настоянки № 2 міцністю 40% та масовою концентрацією цукру 20 г/100 см³. У купаж настоянки № 2 входять: спирт етиловий ректифікований сорту «Люкс», вода підготовлена, цукровий сироп, харчові екстракти плодів журавлини, сухих ягід (бузини, аронії, чорної смородини), кислота лимонна харчова, колер і натуральний харчовий барвник «Карамель».

У зразку настоянки № 2 (на дні пляшки і в об'ємі рідини) спостерігали осад світло-коричнево-бурого кольору у вигляді частинок різної форми і розміру, які не зникають при перемішуванні, частково осідають на дно пляшки при перевертанні. Частина осаду сформована у вигляді довгастих і округлих пластівців з розмитими краями. Частина осаду — недостатньо сформована у вигляді дрібних частинок з рваними краями.

Для приготування настоянок використовували спирт етиловий ректифікований «Люкс» і воду підготовлену демінералізовану. Приготовану сортівку направляли на фільтрацію за допомогою картриджних фільтрів, імпрегнованих сріблом. Цукровий сироп готували в сироповарильному апараті «холодним» способом із цукру білого та води підготовленої. У приготовлену водно-спиртову суміш вносили цукровий сироп, харчові екстракти, колер, розчин лимонної кислоти. Купаж настоянки доводили до міцності 20%об. підготовленою зворотноосмотичною водою. Купаж настоянки перемішували і направляли на фільтрування на пластинчастому фільтрі через фільтрувальний картон.

Харчові екстракти плодів брусниці та журавлини, сухих ягід (бузини, аронії, чорної смородини) обробляли холодом і фільтруванням за температури мінус 6°С.

Під час досліджень застосовували стандартизовані та спеціальні методи аналізу: органолептичні, фізико-хімічні, спектрофотометричні, капілярно-електрофоретичні. Визначення форми і розмірів осаду проводили мікроскопіюванням, катіонно-аніонний склад визначали капілярнофоретичним методом на системі капілярного електрофорезу марки «Капель-105». Масову концентрацію заліза визначали фотометричним методом із застосуванням фотоелектроколориметра марки «КФК-3». Прогнозовану стійкість визначали методом тестування за критичних умов відповідно до ДСТУ 7397. Результати досліджень систематизували і на основі сучасного програмного забезпечення обробляли математичними і статистичними методами.

Викладення основних результатів дослідження. При приготуванні купажу лікєро-горілчанних виробів високомолекулярні компоненти рослинної сировини напівфабрикатів можуть стати причиною порушення рівноваги колоїдної системи і, як наслідок, сприяти виникненню опалесценції і випадання осаду. Прогнозування виникнення колоїдних та інших помутнень проводили шляхом тестування стійкості напівфабрикатів і купажу напою (табл. 1).

Таблиця 1. Прогнозування стійкості купажів зразків настоянок

№ п/п	Назва показника	Вимоги ТР У 18.5084-96	Результати досліджень	
			Зразок № 1	Зразок № 2
1	2	3	4	5
1	Тест на схильність до білкових помутнень	відповідає	не відповідає	не відповідає

1	2	3	4	5
2	Тест на схильність до фенольних помутнінь	відповідає	не відповідає	не відповідає
3	Тест на схильність до дії холоду	відповідає	не відповідає	не відповідає
4	Тест на схильність до нагрівання	відповідає	відповідає	відповідає
5	Тест на схильність до пектинових помутнінь	відповідає	не відповідає	не відповідає
6	Тест на схильність до дубильних помутнінь	відповідає	не відповідає	-

Аналіз результатів прогнозування купажів настоянок показав, що вони є нестійкими до білкових, фенольних і пектинових помутнінь, що виникають за знижених температур від мінус 1°C до мінус 12°C.

Для встановлення впливу технологічних факторів на зміну зовнішнього вигляду напоїв під час зберігання досліджено катіонно-аніонний склад осаду (рис. 1, 2 та табл. 2)

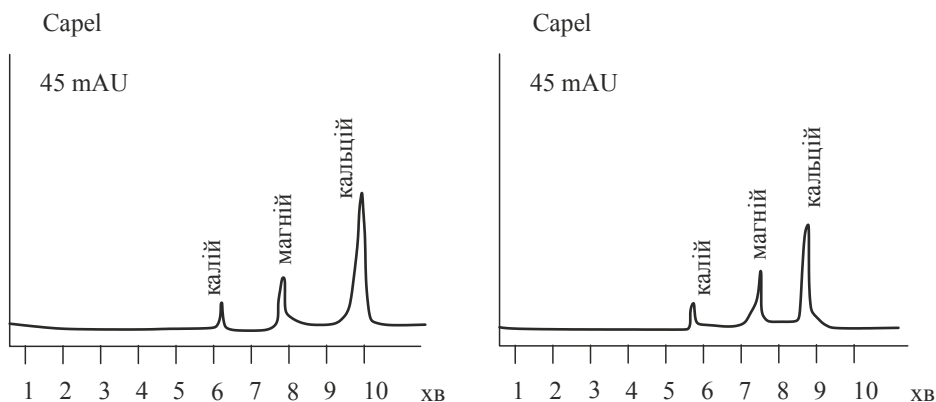


Рис. 1. Електрофореграми катіонного осаду зразків настоянок

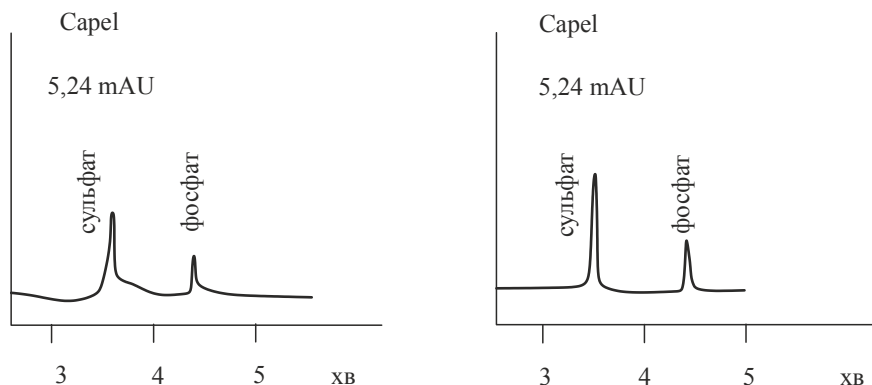


Рис. 2. Електрофореграми аніонного складу осаду зразків настоянок

У харчових екстрактах містяться вітаміни, мінеральні речовини, поліфенольні речовини, пектинові речовини, органічні кислоти, дубильні речовини,

таніни, полісахариди, пектинові речовини. Тому настоянки, приготовані на основі харчових екстрактів плодів та ягід, є складною колоїдною системою, рівновага якої за критичних умов під час встановлення стійкості порушується і призводить до зміни кольору, погіршення смаку й аромату, появи опалесценції і в подальшому до утворення осаду, що підтверджується даними катіонно-аніонного складу (табл. 2).

Таблиця 2. Катіонно-аніонний склад осаду зразків настоянок (n = 3; P ≥ 0,95)

Масова концентрація, мг/дм ³	Результат випробувань		Відносна похибка методу, %
	зразок 1	зразок 2	
Калій	1,5	1,0	±20,0
Магній	2,5	3,2	±20,0
Кальцій	4,7	5,2	±20,0
Залізо	1,2	1,6	±25,0
Сульфат	16,0	21,0	±20,0
Фосфат	1,5	2,0	±20,0

З натуральними плодово-ягідними екстрактами у напій надходять водорозчинні полісахариди. Це призводить до того, що створюються несприятливі умови для освітлення напоїв і виникають передумови колоїдних помутнінь. Крім того, у настоянках, приготованих на плодово-ягідній основі, під дією металів пектин переходить у гелевидний стан і спричиняє помутніння з подальшим формуванням в осад.

Методи обробки напівфабрикатів і напоїв з метою їх освітлення і підвищення стабільності засновані на фізичному, фізико-хімічному та біохімічному впливі на колоїдну систему.

Можливими окремими факторами випадання осаду в зразках настоянок можуть бути:

1. Вода підготовлена після установки зворотного осмосу. Зміни продуктивності зворотноосмотичної установки, зниження селективності мембран, нестабільна температура води, підвищення концентрації катіонно-аніонного складу при незмінних витратах і ступеня очищення можуть призводити до раптового і короткочасного збільшення солевмісту у зворотноосмотичній воді.

2. Використання для додаткової фільтрації водно-спиртової суміші картриджних фільтрів імпрегнованих сріблом. Необхідним повинно бути контролювання масової концентрації срібла, що є додатковим каталізатором процесів, які відбуватимуться після змішування всіх інгредієнтів і напівфабрикатів купажу настоянки.

3. Цукровий сироп інвертований лимонною кислотою готують тільки гарячим способом, а для додаткового очищення цукрового сиропу використовують контрольне фільтрування за допомогою картриджних фільтрів.

Для приготування цукрового сиропу необхідно використовувати цукор білий тільки першої категорії з контролюванням наявності кальцієвих сполук і фосфатів, які сприяють зменшенню прозорості напою, а також появі і формуванню осадів, в тому числі пектатів кальцію.

5. Харчовий екстракт плодів апельсину, який містить ефірну олію, При цьому розчинність знижується зі зниженням концентрації спирту у водно-спиртовому розчині при збільшенні вмісту терпенових речовин.

У цедрі плодів апельсину міститься значна кількість пектинових речовин, які переходять у настої спиртові або харчові екстракти, знижують їх якість. Крім того, в процесі настоювання цедри у водно-спиртовий розчин переходять також барвні, дубильні речовини, лимонен, флавоноїд нарингин, які можуть несприятливо впливати на якість лікєро-горілчаних напоїв з утворенням помутнінь і осаду.

За підвищеного вмісту терпенів екстракт піддають детерпенізації: перед фільтрацією екстракт розбавляють водою підготовленою в співвідношенні 1:3 та залишають на 10—12 годин для відстоювання. Надалі освітлений розчин екстракту декантують і фільтрують. Для підвищення стабільності екстракту плодів апельсину використовують додаткову обробку з підбором оптимального дозування бентоніту.

6. Цукровий колер E150d — карамельний барвник, який отримують за аміачно-сульфітною технологією. Основними компонентами цього виду цукрового колєру є різні види фруктози, глюкози, сахарози, допоміжними — сульфїтні й амонїїні сполуки. Готовий барвник являє собою складну суміш, що складається з ангїдрїдів різних цукрів, похідних фурану, кислот жирного ряду, гумїнових сполук та інших, які в купажах лікєро-горїлчаних напоїв можуть утворювати помутнїння й осади. Тому перед використанням цукрового колєру E150d для купажування напою необхідно провести тестування на схильність до помутнїння.

7. Під час купажування необхідно дотримуватися послїдовності, яка визначається порядком внесення їнгрєдїєнтів купажу. Для приготування настоянок з використанням плодово-ягїдних напївфабрикатів і екстрактів необхідно в купажний збїрник послїдовно додавати: спиртованї соки, морси, настої спиртовї і екстракти; частину води підготовленої (1/3); спирт етиловий ректифікований; воду підготовлену (1/3); цукровий сироп; водний розчин лимонної кислоти; розчин барвника в кількості 80% від його витрати за рецептурою; залишок води підготовленої для доведення мїцності купажу; залишок розчину колєру пїсля перевїрки вїдповїдностї їнтенсивностї забарвлення купажу рецептурї. Перемїшування купажу проводять пїсля внесення кожного їнгрєдїєнта, а потїм через 15—20 хв пїсля закїнчення купажування.

8. Стабїлізацію напївфабрикатів і купажу настоянки необхідно проводити вїдповїдно до вимог Виробничого технологїчного регламенту ТР У 18.5084. Збїльшення строку придатностї настоянок може досягатися за рахунок пїдвищення стабїльностї багатостадїйним обробленням: на стадїях обробки кожного напївфабрикату та подальшою обробкою готового купажу. Методи обробки напївфабрикатів і купажів з метою їх освїтлення і пїдвищення стабїльностї заснованї на фїзичному, фїзико-хїмїчному та бїологїчному впливї на колоїдну систему. Для цього використовують:

- обробку холодом у спеціальних збїрниках, забезпечених системою охолодження. Купаж, охолоджений до температури вїд мїнус 10°C до мїнус

15°C, витримується протягом 48 годин. Після витримки, відібрану з купажу пробу фільтрують і перевіряють на стійкість до дії холоду за температури мінус 10°C. При відсутності опалесценції обробку холодом припиняють і залишають купаж на витримку протягом 24 годин, після цього купаж декантують і фільтрують за температури від плюс 1°C до мінус 3°C;

- фізико-хімічну обробку купажу для його освітлення і стабілізації. Цей метод обробки оснований на нейтралізації заряджених колоїдних частинок напою зарядженими частинками оклеювального матеріалу, а також на явищі адсорбції і механічному видаленні колоїдних речовин.

Основними технологічними схемами обробки напівфабрикатів і купажів напоїв є використання: силікагелю і желатину, полівінілпіролідону і бентоніту, желатину і бентоніту, природного гідролоїдів хітозану, модифікованого крохмалю.

Стабільність лікєро-горілочаних напоїв протягом строку придатності, а також для його збільшення досягається їх обробкою на стадії приготування напівфабрикатів та готового купажу.

9. Стабілізація купажу перед фільтруванням передбачає витримку в купажному збірнику для випадання в осад частинок колоїдного і білкового характеру. Для осадження нестійких колоїдів, округлення смаку й аромату проводять обов'язкову витримку купажу від 24 годин до 72 годин (для кожного напою згідно з технологічною інструкцією на його приготування).

10. Фільтрування купажу є одним з основних технологічних заходів, що впливає на якість готового лікєро-горілочаного напою за зовнішнім виглядом та прозорістю, яка повинна відповідати поняттям «кришталева прозорість» і «прозора блискучий». Особливу увагу звертають на використання безкальцієвого фільтрувального картону, оскільки підвищений вміст кальцію і магнію в останньому може призвести до утворення осаду в напої, який містить танін. Для запобігання утворенню помутнень і випадання кальцієвих осадів проводять:

- визначення кальцію в напої до і після його фільтрування,

- промивання фільтр-картону гарячою підготовленою водою або розчином соляної кислоти концентрацією 0,5% з подальшим відмиванням підготовленою водою.

Для підвищення стабільності настоянок з використанням декількох видів екстрактів, після фільтрування за допомогою фільтрувального картону, проводять контрольне фільтрування із застосуванням мембранних елементів з розміром від 0,2 мкм до 0,7 мкм.

Висновки

Після виявлення факторів, що впливають на стабільність, і запровадження заходів для її забезпечення, встановлено, що прогнозована стійкість готових настоянок становить для зразка № 1 — не менше 12 місяців, зразка № 2 — не менше 14 місяців. Це свідчить про можливість збільшення втричі строку придатності лікєро-горілочаних напоїв, до складу яких входять напівфабрикати та інгредієнти з великим вмістом дубильних і барвних сполук.

Література

1. Воробьева А.В., Кузнецова Ю.Г., Полякова И.В. Подбор ингредиентов ликероводочных изделий. *Пищевая промышленность*, 2006. № 1. С. 74.
2. Полякова И.В., Даниловцева А.Б., Жирова В.В., Панасюк А.Л. Современные тенденции стабилизации ликероводочных изделий из проблемного плодово-ягодного сырья. Сборник трудов «Прогрессивные технологии и современное оборудование — важнейшие составляющие успеха экономического развития предприятий спиртовой и ликероводочной промышленности». Москва: Пищепромиздат, 2003. С 192—198.
3. Полякова И.В., Даниловцева А.Б., Жирова В.В., Панасюк А.Л. Способы стабилизации ликероводочных изделий. Сборник трудов «Стратегия развития пищевой промышленности». Москва: МГУТУ, 2003. С. 39—41.
4. Траубенберг С.Е., Алексеенко Е.В., Осташенкова Н.В., Чернобровина А.Г., Никитин А.В. Ферментативный катализ как основа для эффективной переработки ягод красной смородины и брусники. Материалы Международной научно-практической конференции. Москва, ЗАО «Экспо-биохим-технологии» РТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. С. 263.
5. Вечтомова Е.А., Сергеева И.Ю. Применение хитозана как стабилизатора ликероводочных полуфабрикатов. Материалы Международной конференции с элементами научной школы для молодежи. Кемерово, 2010. С 279—283.
6. Сергеева И.Ю., Помозова В.А., Шевченко Т.В., Кузьмин К.В., Кузьмина О.В. Повышение коллоидной стойкости ликероводочных изделий с помощью модифицированного крахмала. *Техника и технология пищевых производств*. 2013. С. 87—90.
7. Taoukis P.S. Temperature and food stability: analysis and control. Cambridge: *Woodhead Publishing*. 2004. P. 42—68.
8. Gee J.M., Johnson I.T. Polyphenolic compounds: interactions with the gut and implications for human health. *Curr Med Chem*. 2001. P. 45—55.
9. Morales-de la Pena M., Salvia-Trujillo L., Rojas-Grau M.A., Martin-Belloso Changes on phenolic and carotenoid composition of high intensity pulsed electric field and thermally treated fruit juice and soymilk beverages during refrigerated storage. *Food Chemistry*. 2011. P. 982—990.
10. Курбатова Е.И., Римарева Л.В., Трифонова В.В., Бурачевский И.И. Стабильность ликероводочных изделий из плодово-ягодного сырья в процессе хранения. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2006. 28—29 с.
11. Сергеева И.Ю., Помозова В.А., Вечтомова Е.А., Кузьмин К.В. Применение природных стабилизаторов в технологии ликероводочных изделий. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2011. 28—30 с.
12. Бурачевский И.И., Зайнулин Р.А., Кунакова Р.В. Производство водок и ликероводочных изделий. Москва: ДеЛиПринт, 2009. 324 с.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WHITE-PINK MARSHMALLOW USING FOOD ADDITIVE “MAGNETOFOOD”

I. Tsykhanovska, A. Alexandrov, N. Kaida

Ukrainian Engineering-Pedagogics Academy

V. Evlash

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Z. Kovalenko

National Pharmaceutical University

Key words:

*White-pink marshmallow
Recipe
Technology
“Magnetofood”
Nutritional supplement
Properties
Quality*

Article history:

Received 07.03.2019
Received in revised form
28.03.2019
Accepted 11.04.2019

Corresponding author:

I. Tsykhanovska
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

In order to develop the prescription composition and to improve the technology of white-pink marshmallow, model samples of marshmallow on agar and pectin were based on basic recipes of marshmallow. The additive “Magnetofood” was injected as a powder in the amount of 0.10%; 0.15% and 0.20% by weight of the prescription mixture, mixing with the formulation.

It was established that the administration of the nutritional supplement “Magnetofood” in the experimental samples of white and pink marshmallow in the amount of 0.10%, 0.15%, 0.20% by weight of the prescription mixture compared to the control sample improves organoleptic parameters, namely shape, surface, consistency and structure of marshmallow. The most high rates were characterized by marshmallow with a mass fraction of the additive 0.15%. When the additive “Magnetofood” is added to the formulation, the total acidity decreases by $(0.1—0.2)^\circ$ in samples on agar and by $(0.5—0.7)^\circ$ in samples on pectin; the value of the density of marshmallows — by $(55—61) \text{ kg/m}^3$ for agar and by $(65—71) \text{ kg/m}^3$ for pectin and the duration of beating decreases by ~ 2 minutes; microbial contamination of the surface of the samples — KMAFAnM by 10 times, yeast — by 3 times, mold fungi — by 2 times (when stored for 45 days at $\varphi=(90\pm 2)\%$); KMAFAnM — by 10 times, yeast — by 2,5 times, mold fungi — by 2 times (when stored for 60 days at $\varphi=(90\pm 2)\%$). It was established that the introduction of the additive “Magnetofood” contributes to increasing the plastic strength of marshmallow by $(1.3—1.9) \text{ kPa}$ in samples on agar and by $(0.5—1.0) \text{ kPa}$ in pectin samples compared to the control.

The rational content of the nutritional supplement “Magnetofood” in the composition of white-pink marshmallow on agar and pectin has been determined. The formulations and technological schemes of white-pink marshmallow on agar and pectin with the addition of “Magnetofood” in the amount of 0.15% to the mass of raw materials have been developed.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-21

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗЕФІРУ БІЛО-РОЖЕВОГО З ВИКОРИСТАННЯМ ХАРЧОВОЇ ДОБАВКИ «МАГНЕТОФУД»

І.В. Цихановська, О.В. Александров, Н.С. Кайда

Українська інженерно-педагогічна академія

В.В. Євлаш

Харківський державний університет харчування та торгівлі

З.І. Коваленко

Національний фармацевтичний університет

Для розробки рецептурного складу та удосконалення технології зефіру біло-рожевого використовували модельні зразки зефіру на агарі і пектині, які ґрунтуються на базових рецептурах зефіру. Добавку «Магнетофуд» вводили у вигляді порошку у кількості 0,10%, 0,15% та 0,20% до маси рецептурної суміші, змішуючи з драглетворювачем.

Встановлено, що введення харчової добавки «Магнетофуд» у дослідні зразки зефіру біло-рожевого у кількості 0,10%, 0,15%, 0,20% до маси рецептурної суміші порівняно з контролем покращує органолептичні показники (форму, поверхню, консистенцію та структуру зефіру). Найбільш високими показниками характеризувався зефір з масовою часткою добавки 0,15%. При введенні добавки «Магнетофуд» до рецептури також зменшується загальна кислотність на $(0,1-0,2)^\circ$ — в зразках на агарі і на $(0,5-0,7)^\circ$ — в зразках на пектині; величина густини зефірних мас на $(55-61) \text{ кг/м}^3$ — для агару і на $(65-71) \text{ кг/м}^3$ — для пектину й тривалість збивання на ~ 2 хвилини; мікробна контамінація поверхні зразків — КМАФАнМ в 10 разів, дріжджів — в 3 рази, пліснявих грибів — в 2 рази (при зберіганні протягом 45 діб при $\varphi=(90\pm 2)\%$); КМАФАнМ у 10 разів, дріжджів — в 2,5 рази, пліснявих грибів — в 2 рази (при зберіганні протягом 60 діб при $\varphi=(90\pm 2)\%$). Встановлено, що введення добавки «Магнетофуд» сприяє збільшенню пластичної міцності зефірних мас на $(1,3-1,9) \text{ кПа}$ в зразках на агарі і на $(0,5-1,0) \text{ кПа}$ в зразках на пектині, якщо порівняти з контролем.

Визначено раціональний вміст харчової добавки «Магнетофуд» у складі біло-рожевого зефіру на агарі та пектині. Розроблені рецептури й технологічні схеми біло-рожевого зефіру на агарі та пектині з добавкою «Магнетофуд» у кількості 0,15% до маси сировини.

Ключові слова: біло-рожевий зефір, рецептура, технологія, харчова добавка «Магнетофуд», властивості, якість.

Постановка проблеми. Останнім часом підвищився попит на продукти пінної структури, зокрема зефір, пастилу, цукерки зі збивним корпусом [1; 2]. Цінність їх обумовлюється значною часткою повітряної фази, високим ступенем її дисперсності, структурними властивостями. Низькі температурні режими, помірний механічний вплив, наявність пектинових речовин, здатних запо-

бігти окисненню біологічно активних речовин при виробництві збивних кондитерських виробів, забезпечують максимальне збереження корисних властивостей внесених нутрієнтів [3]. У ситуації, що склалася (дефіцит вітчизняної сировини, значна частка імпортованих інгредієнтів з високою вартістю тощо), виробництва збивних кондитерських виробів шукають шляхи підвищення конкурентоспроможності готової продукції за рахунок поліпшення і стабілізації якості, зниження собівартості і продовження термінів зберігання [1—3].

Серед пріоритетних напрямків розширення асортименту шляхом вдосконалення технології збивної кондитерської продукції можна виділити такі: застосування нових сировинних компонентів, що дають можливість змінювати або коригувати функціонально-технологічні властивості збивних мас, а також текстуру, показники якості та подовжувати терміни зберігання зефірних виробів [3; 4].

Вирішення проблем пошуку нових шляхів, сировинних компонентів, технологічних прийомів, розробці інноваційних технологій виробництва кондитерських виробів, що мають пінну або емульсійну структуру, присвячені праці А.М. Дорохович, Ф.В. Перцевого, В.І. Оболкіної, Г.А. Магомедова, В.В. Румянцевой, Ю.В. Камбулової, Л.М. Аксьонової, Е.Н. Артемової та ін. Однак до сьогодні можливість застосування нанопорошкових харчових добавок мінерального походження як піно- і структуроутворювачів при виробництві збивних кондитерських виробів не розглядалася.

«Магнетофуд» — харчова добавка [Патент UA № 126502, МПК А 23L 13/40, А23L 33/10. Харчова добавка «Магнетофуд»], яка може впливати на процеси структуроутворення та піноутворення при виробництві збивних кондитерських виробів, а також на показники якості готової продукції. Однак ці дані відсутні і необхідні додаткові дослідження.

Добавка «Магнетофуд» має певний функціонально-технологічний потенціал і може як самостійно формувати структурно-механічні властивості збивних кондитерських мас, так і впливати на драгле- та піноутворення, вступаючи з ними в хімічні й електростатичні взаємодії. Тому харчова добавка «Магнетофуд» може виконувати одразу декілька технологічних функцій у системі: бути стабілізатором і структуроутворювачем (піно- та драглеутворювачем). Хоча харчова добавка «Магнетофуд» не є поверхнево-активною речовиною, вона здатна стабілізувати дисперсні системи (емульсії, суспензії) завдяки її структуроутворюючих і тиксотропних властивостей, перешкоджаючи їх поділу. Зміна текучих властивостей рідкої дисперсної системи за наявності харчової добавки «Магнетофуд» призводить не тільки до стабілізації системи, але й до формування певної консистенції у гелях і пінах. Функціонально-технологічні властивості добавки «Магнетофуд» у харчових системах, зокрема зефірних масах, включають: структуроутворюючу, водозв'язуючу, водоутримуючу здатність; стабілізацію емульсій і суспензій; регулювання текучих властивостей; утворення стійких збивних мас [5—10].

У межах дослідження обґрунтовано доцільність введення до рецептури зефіру біло-рожевого харчової добавки «Магнетофуд», вивчено її вплив на показники якості та безпечності зефіру біло-рожевого з різною масовою часткою добавки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кондитерська галузь — один з активних користувачів харчових добавок, поліпшувачів при виробництві продукції. Використання харчових добавок в індустрії збивних кондитерських виробів, зокрема зефіру, обумовлено рядом обставин, причин і напрямків використання кондитерською промисловістю харчових добавок. Останнім часом проводяться численні дослідження з пошуку нових піно- та гелеутворюючих компонентів невисокої собівартості, що поліпшують структурно-механічні, фізико-хімічні і органолептичні показники збивних мас і готових виробів, а також часткової або повної заміни традиційних драглеутворювачів, зокрема агару й пектину імпортного виробництва з високою собівартістю [1; 2; 5—32].

Так, з метою покращення структурно-механічних властивостей гелеподібних мас пропонується використовувати пектинові речовини, отримані з нетрадиційних видів сировини, таких як відходи харчової промисловості (консервної, виноробної, бурякоцукрової галузей) і сільського господарства (насінницьких радгоспів, бавовництва, баштанництва) [11; 12], а також альтернативна сировина: хітозан, рослинні, овочеві і фруктово-овочеві продукти [13; 14—16].

Деякі вчені розробили комбіновані системи драглеутворювачів для регулювання реологічних і структурно-механічних властивостей желейних мас, зокрема комбінації желатину з пектином, з сульфатованими полісахаридами, желатин—к-карагінан, желатин—LM пектин [17; 18]; пектину з гідроколоїдами (Herbagel SW-010, рікогель 8100), LM пектин—к-карагінан [18; 19]; агару з концентратом тваринних білків «Сканпро» [18].

Для покращення пластичної міцності студню і текстури гелеподібних мас широко використовуються різноманітні гідрогелі, що проявляють властивості загусників, желуючих агентів і стабілізаторів, — карагінан і його натрієва, калієва, амонійна солі, включаючи фурцеларан; ксантан, камедь тари, гуарова камедь, камедь ріжкового дерева, ксантанова камедь тощо [17—20].

Для покращення піноутворюючої здатності яєчного білка і підвищення стійкості пінних структур деякі дослідники пропонують полівалентні катіони, включаючи алюміній, мідь, залізо, цинк, через їхню здатність взаємодіяти з овотрансфериним білка [21; 22].

Встановлено, що фосфатна і лимонна кислоти також мають спорідненість до овотрансферину. Тому додавання їх солей збільшує температуру денатурації овотрансферина, покращуючи піноутворюючу здатність яєчного білка [23]. При цьому стабільність пінної структури збільшується незначно.

Успішно використовуються тринатрійфосфат, пірофосфат, гексаметафосфат та інші фосфати натрію для підвищення піноутворюючої здатності яєчного білка [24]. Однак міцність пінної структури недостатня.

Відомо застосування продуктів переробки яєць, зокрема яєчної шкаралупи, в технології збивних кондитерських виробів для підвищення піноутворюючої здатності яєчного білка [25]. При цьому стійкість пінної структури нестабільна.

З метою підвищення здатності піноутворення яєчного білка в нього також додають різні овочеві та фруктово-ягідні пюре, зокрема пюре фейхоа, ківі,

топінамбура тощо [26; 27]. Однак, стійкість пінної структури практично не поліпшувалася і зі збільшенням вмісту фруктового компонента піноутворююча здатність системи знижувалася при одночасно відчутному зменшенні її в'язкості.

Останнім часом з метою підвищення стійкості білкових пін як стабілізатор поверхні розділу фаз повітря-вода широко застосовують бінарні суміші біополімерів, що складаються з білка і одного полісахариду (β -лактоглобулін + аравійська камедь, β -лактоглобулін + пуллулан, ізолят сироваткового білка + аравійська камедь, альбумін яєчного білка + пектин тощо) [28; 29]. Для стабілізації структурно-механічних властивостей збивних кондитерських виробів застосовують сировину, отриману із зернових культур (вівса, ячменю, сої) [30; 31], а також харчові добавки рослинного походження: лікарські та пряно-ароматичні трави у вигляді порошків або екстрактів, овочеві та плодово-ягідні порошки [32]. Однак ці інгредієнти недостатньо підвищують стійкість пінної структури.

Аналіз інформаційних джерел [1; 2; 5—32] показує відсутність даних про технології зефіру з використанням нанопорошкових добавок, що мають загущуючі, піно- та драглеутворюючі, стабілізуючі властивості, поліпшують структурно-механічні властивості збивних мас, показники якості і термін зберігання зефірних виробів. Як добавку-поліпшувач для харчових систем нами розроблено та запропоновано харчову добавку «Магнетофуд» [ТУ У 10.8-2023017824-001:2018]. Це ультратонкий порошок з великою питомою і високоактивною поверхнею.

У харчових системах «Магнетофуд» проявляє антиоксидантні, сорбційні, бактеріостатичні, комплексоутворюючі, емульгуючі, вологоутримуючі, жиротримуючі, вологозв'язуючі, стабілізуючі, структуроутворюючі властивості [5—10]. У зв'язку з цим актуальним є розробка рецептури та удосконалення технології зефіру біло-рожевого з введенням у рецептурний склад харчової добавки «Магнетофуд».

Мета дослідження: удосконалення технології зефіру біло-рожевого з використанням харчової добавки «Магнетофуд».

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — технології біло-рожевого зефіру на агарі та пектині з використанням харчової добавки «Магнетофуд».

Предмет дослідження — модельні зразки зефіру на агарі і пектині, що ґрунтуються на базових рецептурах № 95 та № 126 [33] і наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Рецептури зефіру біло-рожевого на агарі й пектині (контроль) і з різною масовою часткою харчової добавки «Магнетофуд» (дослід)

Найменування сировини	Витрати сировини на 1 т готової продукції, кг							
	зразки зефіру на агарі				зразки зефіру на пектині			
	№ 1 контроль	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5 контроль	№ 6	№ 7	№ 8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Цукор-пісок	673,0	672,0	671,5	671,0	671,0	670,0	670,5	669,0
Цукрова пудра	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Патока	139,4	139,4	139,4	139,4	142,9	142,9	142,9	142,9
Пюре яблучне	390,0	390,0	390,0	390,0	298,0	298,0	298,0	298,0
Білок яечний	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
Агар	8,6	8,6	8,6	8,6	—	—	—	—
Пектин яблучний	—	—	—	—	13,4	13,4	13,4	13,4
Кислота молочна	11,8	11,8	11,8	11,8	8,4	8,4	8,4	8,4
Лактат натрію	—	—	—	—	6,8	6,8	6,8	6,8
Есенції різні	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Барвник червоний	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Харчова добавка «Магнетофуд»	—	1,0	1,5	2,0	—	1,0	1,5	2,0

Приготування дослідних зразків зефіру проводили відповідно до традиційної технології біло-рожевого зефіру за класичною рецептурою [3] (табл. 1).

Органолептичну та фізико-хімічну оцінку якості проводили згідно з ДСТУ ГОСТ 6441-2003. Органолептичні показники (смак і запах, колір, консистенція, структура, форма, поверхня) оцінювали за 5-бальною шкалою.

Фізико-хімічні й технологічні показники досліджували за допомогою стандартних і загально прийнятих методів [34].

Для моделювання зберігання зефіру як пакувальний матеріал використовували поліетиленову плівку (ПНД, 15 мкм). Дослідні зразки зефіру через 10 годин після структуроутворення й охолодження загортали в плівку і зберігали в темряві за температури (18±3)°C і відносної вологості повітря ≤75% протягом 70 днів.

При цьому сорбційні характеристики дослідних зразків визначали тензометричним методом [34] відразу після приготування зразків і протягом 70 діб з інтервалом в 10 діб. Критерієм, при виборі раціонального режиму зберігання, обрано постійність величини вологовмісту зефіру (вологовміст зефіру біло-рожевого після виготовлення — 0,169—0,171 кг/кг), яка залежить від вологості навколишнього середовища й тривалості зберігання зефіру (доба). Запропонований критерій має такий вигляд (1):

$$Q_{\phi} = \sum_{i=1}^N |W_i - W_3| \xrightarrow{\phi=\text{const}} \min, \quad (1)$$

де N — кількість випробувань під час зберігання, шт; W_3 — нормативний вологовміст, що дорівнює 0,17 кг/кг; W_i — поточна величина вологовмісту, кг/кг; ϕ — вологість навколишнього середовища, %.

Перелік мікробіологічних показників, за якими проводили контроль якості готових зефірних виробів, встановлювали, керуючись вимогами ДСП 4.4.5.078; МБТ № 5061-89 і ДСТУ 4683:2006.

Викладення основних результатів дослідження. В табл. 2 та 3 наведено результати органолептичного аналізу дослідних зразків біло-рожевого зефіру на агарі та на пектині з додаванням харчової добавки «Магнетофуд» у різних масових частках порівняно з контролем.

Таблиця 2. Органолептичні показники дослідних зразків біло-рожевого зефіру у порівняно з контролем

Дослідні зразки зефіру	Консистенція та структура	Аромат	Колір	Смак	Форма та поверхня
Зразок 1 — контроль	однорідна, рівномірна, дрібнопориста, розломлюється з пластичністю, наявні повітряні пухирці 1,4—1,8 мм	властивий, із легким стороннім запахом есенції	злегка неоднорідний та нерівномірний, від білого з кремовим відтінком та світло-рожевого	солодкий, з легким післясмаком підсолоджувачів і доданих добавок	округла, без деформацій, із незначними нерівностями та легким затвердінням на бокових гранях
Зразок 2	м'яка, однорідна, рівномірна, дрібнопориста, легко піддається розламуванню, наявні повітряні пухирці 0,6—1,0 мм	властивий, присмний, чистий, добре виражений плодовий запах, відсутні сторонні запахи есенції	однорідний, рівномірно білий із кремовим відтінком та світло-рожевий	солодкокислуватий, присмний, відповідний до зефіру, згідно з доданими домішками: ванільний та фруктовий асорті, без післясмаку підсолоджувачів та доданих добавок	округла, без деформацій, ребра малюнка чіткі; поверхня рівна без пошкоджень та деформацій, відсутні затвердіння на гранях та виділення сиропу
Зразок 3	м'яка, однорідна, рівномірна, дрібнопориста, легко піддається розламуванню, наявні повітряні пухирці 0,4—0,8 мм				
Зразок 4					
Зразок 5 — контроль	злегка затяжна, однорідна, рівномірна, дрібнопориста, розломлюється з пластичністю, наявні повітряні пухирці 1,6—2,0 мм	властивий, із легким стороннім запахом есенції	злегка неоднорідний та нерівномірний, від білого з кремовим відтінком та світло-рожевого	солодкий, з легким післясмаком підсолоджувачів та доданих добавок	округла, без деформацій, із незначними нерівностями та легким затвердінням на бокових гранях
Зразок 6	м'яка, однорідна, рівномірна, дрібнопориста, легко піддається розламуванню, наявні повітряні пухирці 0,6—1,0 мм	властивий, присмний, чистий, добре виражений плодовий запах, відсутні сторонні запахи есенції	однорідний, рівномірно білий із кремовим відтінком та світло-рожевий	солодкокислуватий, присмний, відповідний до зефіру, згідно з доданими домішками: ванільний та фруктовий асорті, без післясмаку підсолоджувачів та доданих добавок	округла, без деформацій, ребра малюнка чіткі; поверхня рівна без пошкоджень та деформацій, відсутні затвердіння на гранях та виділення сиропу
Зразок 7	м'яка, однорідна, рівномірна, дрібнопориста, легко піддається розламуванню, наявні повітряні пухирці 0,4—0,8 мм				
Зразок 8					

Таблиця 3. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на органолептичні показники дослідних зразків желейного мармеладу на агарі та на пектині, ($n = 3, p \leq 0,05$)

Дослідні зразки мармеладу	Консистенція та структура	Аромат	Колір	Смак	Форма та поверхня
Зразок 1— контроль	4,6±0,1	4,6±0,2	5,0±0,1	5,0±0,2	4,6±0,1
Зразок 2	4,8±0,1	5,0±0,2	5,0±0,1	5,0±0,2	4,8±0,1
Зразок 3	5,0±0,1	5,0±0,2	5,0±0,1	5,0±0,2	5,0±0,1
Зразок 4	4,8±0,1	4,8±0,2	5,0±0,1	5,0±0,2	5,0±0,1
Зразок 5 — контроль	4,6±0,1	4,7±0,2	4,9±0,1	5,0±0,2	4,6±0,1
Зразок 6	4,8±0,1	5,0±0,2	5,0±0,1	5,0±0,2	4,8±0,1
Зразок 7	5,0±0,1	5,0±0,2	5,0±0,1	5,0±0,2	5,0±0,1
Зразок 8	4,7±0,1	4,7±0,2	5,0±0,1	5,0±0,2	5,0±0,1

З даних табл. 2 та табл. 3 видно, що зефір із вмістом харчової добавки «Магнетофуд» 0,15% до маси сировини є найкращим за оцінкою органолептичних показників якості порівняно з іншими зразками. Середнє значення бальної оцінки (5-бальна шкала) за органолептичними показниками збільшується на 1,3—1,4 бала порівняно з контролем.

Фізико-хімічні й технологічні показники дослідних зразків зефіру біло-рожевого на агарі та на пектині з додаванням харчової добавки «Магнетофуд» у різних масових частках у порівнянні з контролем наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Фізико-хімічні і технологічні показники дослідних зразків біло-рожевого зефіру порівняно з контролем, ($n = 3, p \leq 0,05$)

Показники якості	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4	Зразок 5	Зразок 6	Зразок 7	Зразок 8
Масова частка вологі, %	17±0,3	17,3±0,3	17,4±0,3	17,5±0,3	17±0,3	17,4±0,3	17,5±0,3	17,6±0,3
Загальна кислотність, град.	0,7±0,02	0,6±0,02	0,5±0,02	0,5±0,02	5,90±0,2	5,4±0,2	5,30±0,2	5,2±0,2
Густина, кг/м ³ (найменше значення)	545±2	490±2	485±2	484±2	550±2	485±2	480±2	479±2
*Тривалість збивання, хв	16	14	14	14	10	8	8	8
Пластична міцність, кПа	9,0±0,5	10,3±0,5	10,8±0,5	10,9±0,5	6,5±0,5	7,0±0,5	7,4±0,5	7,5±0,5

*Тривалість збивання, хв — час досягнення найменшого значення густини дослідними зразками зефірних мас.

З експериментальних даних табл. 4 випливає, що введення харчової добавки «Магнетофуд» у кількості (0,10; 0,15; 0,20)% від рецептурного складу сприяє покращенню фізико-хімічних і технологічних показників дослідних зразків біло-рожевого зефіру на агарі та на пектині:

- збільшується масова частка вологі на (1,7—2,9)% в зразках на агарі і на (2,3—3,5)% в зразках на пектині за рахунок водозв'язуючої та водоутримуючої здатності добавки «Магнетофуд»;

- зменшується кислотність на $(0,1—0,2)^\circ$ в зразках на агарі і на $(0,5—0,7)^\circ$ в зразках на пектині за рахунок амфотерності добавки «Магнетофуд»;

- зменшується величина густини, зокрема її найменше значення, на $(55—61)$ кг/м³ для агару, на $(65—71)$ кг/м³ для пектину і тривалість збивання на ~ 2 хвилини. Що можна пояснити так: поверхнево-активні наночастинки «Магнетофуд», що володіють комплексоутворюючими і структуроутворюючими властивостями, сприяють розгалуженню головних ланцюгів макромолекул яєчного білка в дисперсійному середовищі, сповільнюючи процес витікання рідини і тоншання стінок повітряних пухирців, в результаті чого густина дослідних зразків збивних мас зменшується порівняно з контрольними зразками;

- збільшується пластична міцність на $(1,3—1,9)$ кПа в зразках на агарі і на $(0,5—1,0)$ кПа в зразках на пектині за рахунок структуроутворюючої і стабілізуючої дії наночастинок добавки «Магнетофуд», яка сприяє підвищенню гелеутворюючої здатності пектину і агару, що дає змогу підвищити в'язкість у каналах Гіббса-Плато, уповільнити процес синерезису і стабілізувати гелевий каркас пінної структури.

На рис. 1 наведені результати визначення розподілу форм зв'язку вологі у дослідних зразках зефіру індикаторним і диференційно-термічним методами. З експериментальних даних слід, що введення харчової добавки «Магнетофуд» у зефірні маси сприяє підвищенню кількості зв'язаної вологі та зменшенню кількості вільної вологі у дослідних зразках зефіру (зразок 3 та зразок 7) порівняно з контрольними зразками (зразок 1 та зразок 5). Водозв'язувальна та водоутримувальна здатність добавки «Магнетофуд» проявляється за рахунок структуроутворюючої, стабілізуючої та комплексоутворюючої дії наночастинок «Магнетофуд», а також здатності утворювати сольватоконплекси з диполями H₂O [8—10].

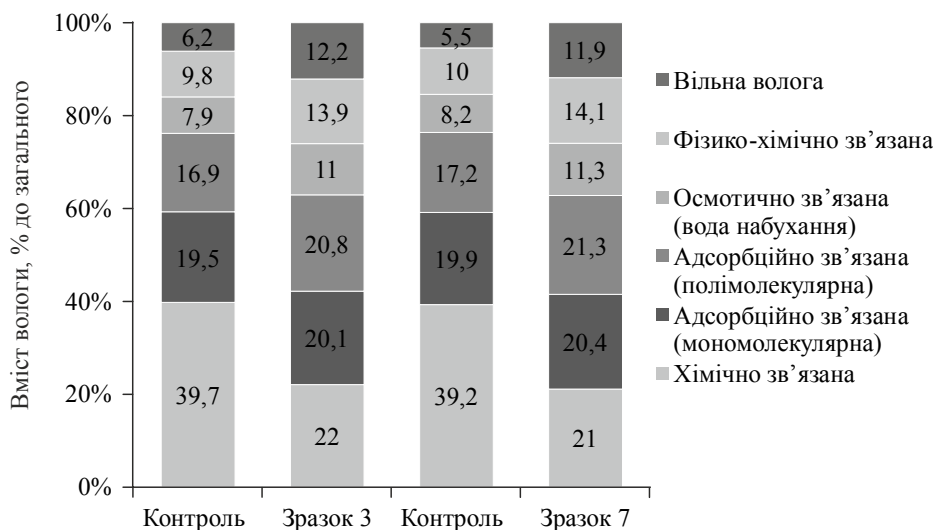


Рис. 1. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на розподіл вологі за формами зв'язку у дослідних зразках зефіру з різними гелеутворювачами

Слід зазначити, що найкращі результати отримані при масовій частці добавки «Магнетофуд» 0,15% до маси рецептурної суміші. Оптимальну масову частку харчової добавки «Магнетофуд» було підтверджено методом математичного експериментального моделювання. При цьому як критерій оцінки впливу технологічних параметрів на структурно-механічні властивості зефірної маси брали її густину, ρ , кг/м^3 , і визначали технологічні параметри, що дають змогу досягнути мінімального її значення. Як основні фактори, що впливають на густину зефірної маси, ρ , кг/м^3 , були обрані такі технологічні параметри: температура — t , $^{\circ}\text{C}$, тривалість збивання — τ , хв. При постановці експерименту інші фактори, впливаючи на процес збивання, залишали постійними. Вибір основних рівнів та інтервалів варіювання обумовлений таким чином: тривалість збивання обрана за аналогією з технологією контрольних зразків; температуру змінювали в діапазоні, в якому відбувається збільшення в'язкості маси, але не допускається її передчасне желювання в результаті значного зниження температури. Для отримання достовірної інформації про вплив зазначених факторів на густину зефірної маси був реалізований двофакторний план Боксу B_2 , з додатковою точкою в центрі експериментів. Умови дослідів і отримані результати наведені в табл. 5.

Таблиця 5. Матриця планування і результати експериментів з вивчення температури і тривалості збивання на густину зефірної маси у дослідних зразках на агарі та пектині і масовій частці добавки «Магнетофуд» 0,15% до маси рецептурної суміші

№ з/п	Умови дослідів		Результати дослідів		
	Температура збивання, t , $^{\circ}\text{C}$	Тривалість збивання, τ , хв	Густина, кг/м^3		Відносна помилка, %
			$\rho_{\text{сер.}}$	$\rho_{\text{розр.}}$	
Дослідний зразок 3 — на агарі					
1	40	12	600	598,75	0,2
2	60	12	630	603,75	4,1
3	40	16	590	591,25	0,21
4	60	16	605	576,25	4,7
5	40	14	535	543,333333	0,9
6	60	14	580	580,833333	0,1
7	50	12	525	552,5	5,2
8	50	16	515	537,5	4,3
9	50	14	485	493,333333	0,96
Дослідний зразок 7 — на пектині					
10	60	6	595	588,472222	1,09
11	80	6	625	625,972222	0,15
12	60	10	585	580,972222	1,01
13	80	10	600	603,472222	0,57
14	60	8	530	540,555556	1,99
15	80	8	575	570,555556	0,96
16	70	6	520	525,555556	1,06
17	70	10	510	510,555556	0,1
18	70	8	480	473,888889	1,2

Обробку результатів дослідів проводили в системі комп'ютерної математики «Mathcad 15» методом найменших квадратів із застосуванням послідовного регресійного аналізу відповідно до розробленого в УІПА пакет програм [35].

Це дало змогу отримати рівняння регресії (1) — для агару і (2) — для пектину:

$$z = 2251,25 - 46,25x - 76,0417y - 0,1875xy + 0,4875x^2 + 2,09167y^2 \quad (1)$$

$$z = 5002,2222 - 111,333x - 167,2917y - 0,1875xy + 0,8167x^2 + 11,0417y^2, \quad (2)$$

де z — густина зефірної маси, $\text{кг}/\text{м}^3$; x, y — значення факторів t і τ , відповідно $^\circ\text{C}$, хв.

Геометричні інтерпретації рівнянь (1) і (2) залежності густини зефірної маси від температури і тривалості збивання наведені на рис. 2а, б.

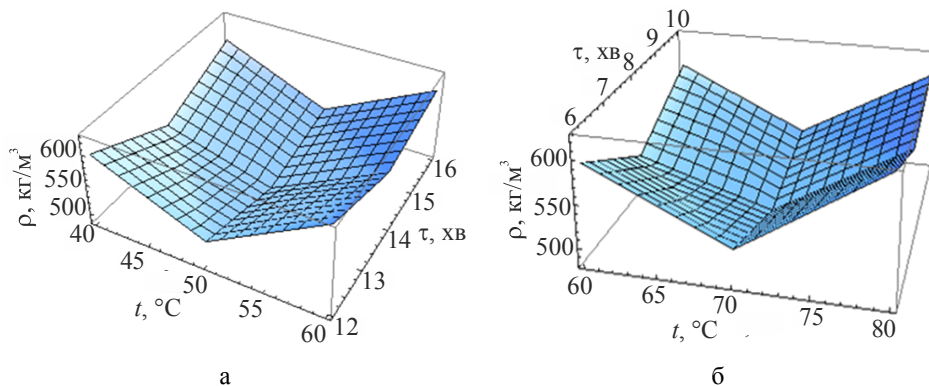


Рис. 2. Поверхні відгуку залежності густини зефірних мас (з додаванням 0,15% харчової добавки «Магнетофуд») від температури і тривалості збивання для дослідних зразків: а — на агарі, б — на пектині

Як видно з табл. 5, розрахункові значення густини $\rho_{\text{розр}}$, визначені за рівняннями (1) і (2), добре збігаються із середніми експериментальними значеннями густини $\rho_{\text{сер}}$. (відносні помилки знаходяться в діапазоні: (0,2—5,2)% для агару і (0,15—1,99)% для пектину. Завдяки використанню отриманих рівнянь (1) і (2) були визначені значення температури t , $^\circ\text{C}$ і тривалості збивання τ , хв, які забезпечують отримання мінімальної густини зефірної маси: $t = 50, 25^\circ\text{C}$, $\tau = 14,65$ хв — для агару; $t = 69, 1^\circ\text{C}$, $\tau = 8,2$ хв — для пектину.

Слід зазначити, що наведені технологічні параметри є розрахунковими. В реальних умовах виробництва можливі інтервали, наприклад, для температури $\pm 2^\circ\text{C}$ і тривалості збивання $\pm 0,5 \cdot 60$ с.

При цих значеннях досліджених факторів густина становить: $489,0 \text{ кг}/\text{м}^3$ — для агару і $477,0 \text{ кг}/\text{м}^3$ — для пектину. Розрахункові значення параметрів оптимізації близькі до експериментальних.

Проведені дослідження дали змогу науково обґрунтувати рецептуру (табл. 1) й технологічні параметри виробництва біло-рожевого зефіру. На рис. 3 наведено технологічну схему біло-рожевого зефіру на агарі з додаванням харчової добавки «Магнетофуд». Характерною особливістю нової технології є попереднє змішування харчової добавки «Магнетофуд» з драглеутворювачем, яке використовується перед технологічною операцією замочування драглеутворювача

в холодній воді. Технологія виробництва біло-рожевого зефіру на пектині з додаванням харчової добавки «Магнетофуд» включає ті самі етапи, але має деякі відмінності за технологічними режимами.

Технологічний процес виробництва біло-рожевого зефіру передбачає такі етапи: вибір і підготовка рецептурних компонентів — сипучі компоненти просіюють, есенцію, молочну кислоту, барвник, ячний білок розчиняють, патоку крохмальну підігривають та проціджують; отримання сухої суміші драглеутворювача з харчової добавкою «Магнетофуд» з подальшим замочуванням та набряканням у холодній воді при температурі $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом $(2,5\text{—}3,0) \cdot 3600$ с — для агару.

Набрякання пектиново-магнетофудової суміші проводять в яблучному пюре (попередньо змішавши з цукром в кількості, що дорівнює кількості пектину) протягом $(4,0\text{—}8,0) \cdot 3600$ с при температурі $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ і ретельному перемішуванні для розподілу і набрякання пектину. Слід зазначити, що на стадії замочування і набрякання відбувається сольватація харчової добавки «Магнетофуд» і набухання драглеутворювача з частковим його структуруванням під дією наночастинок добавки «Магнетофуд», що сприяє проникненню води у найбільш організовані ділянки ланцюга драглеутворювача.

Далі розчин суміші агару з добавкою «Магнетофуд» підігривають до температури $(95\text{—}100)^\circ\text{C}$ і витримують протягом $(10\text{—}15) \cdot 60$ с. Потім додають цукор і ретельно перемішують при температурі $(95\text{—}98)^\circ\text{C}$ протягом $(20\text{—}30) \cdot 60$ с та вмістом сухих речовин $SP = (84,5 \pm 0,5)\%$. Одержують агаро-цукровий сироп. На цьому етапі добавка «Магнетофуд» збільшує розчинність агару, завдяки водоутримувальній здатності і взаємодії її іонізованих наночастинок з поляризованими групами агару, яке призводить до розгалуження головних ланцюгів молекул гелеутворювача, що сприяє їх розсуванню і кращому проникненню молекул води. Пектиново-яблучно-магнетофудову суміш протирають через сито з діаметром отворів $d = 0,8 \cdot 10^{-3}$ м і направляють на збивання (куди залежно від кислотності використововуваного пюре вносять лактат натрію) з підготовленим ячним білком. Тривалість збивання $(4\text{—}6) \cdot 60$ с. Одержують білково-пектиново-яблучну суміш з добавкою «Магнетофуд».

Приготування агаро-цукрово-патокового сиропу з харчовою добавкою «Магнетофуд». В агаро-цукрово-магнетофудовий сироп додають підготовану патоку та перемішують при $(95\text{—}100)^\circ\text{C}$ протягом $(8\text{—}10) \cdot 60$ с. У випадку зефіру на пектині готують цукрово-патоковий сироп уварюванням цукру з патокою крохмальної при температурі $(105\text{—}110)^\circ\text{C}$ до вмісту сухих речовин $SP = (82,5 \pm 2)\%$.

Приготування збитої білково-яблучної маси. Яблучне пюре із цукром та половиною ячного білка (у вигляді розчину) збивають протягом $(5\text{—}8) \cdot 60$ с при температурі $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Додають другу половину ячного білка, продовжуючи збивати ще $(5\text{—}8) \cdot 60$ с.

Приготування зефірної маси. До агаро-цукрово-патокового сиропу з харчовою добавкою «Магнетофуд» додають збиту білково-яблучну масу, смако-ароматичну емульсію. Отриману суміш вимішують на малому ході мішалки при температурі $(54 \pm 1)^\circ\text{C}$ протягом $(3\text{—}4) \cdot 60$ с для рівномірного розподілу гелю і смако-ароматичних речовин у збитій масі. Для зефіру на пектині процес ідентичний.

Формування, структуроутворення, підсушування. Відформовані вироби направляють для вистоювання. Загальна тривалість структуроутворення і підсушування $(6—8) \cdot 3600$ с при температурі $(35—40)^\circ\text{C}$.

Фасування, пакування, маркування та зберігання. Готовий зефір упаковують і зберігають в умовах сховища при відносній вологості повітря $(75\pm 2)\%$.

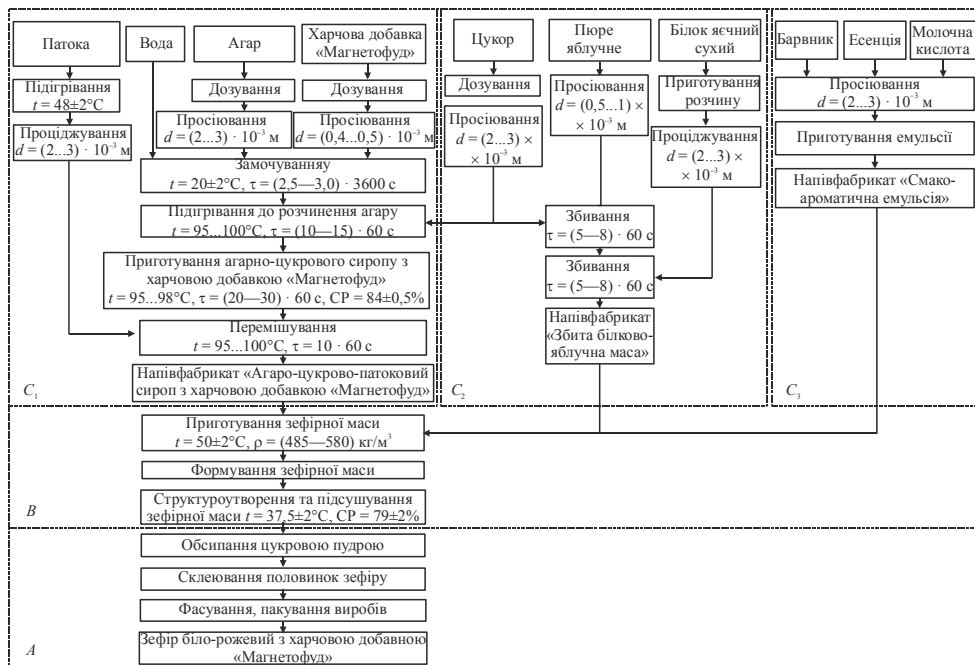


Рис. 3. Технологічна схема біло-рожевого зефіру на агарі з додаванням харчової добавки «Магнетофуд»: А, В, С₁, С₂, С₃ — підсистеми технологічної схеми виробництва зефіру

Досліджено мікробіологічні показники якості дослідних зразків біло-рожевого зефіру. В табл. 6 наведено результати мікробної контамінації поверхні зефіру відразу після виготовлення та після зберігання протягом 60 діб при відносній вологості повітря $\varphi=(90\pm 2)\%$.

Таблиця 6. Мікробіологічні показники дослідних зразків біло-рожевого зефіру з харчовою добавкою «Магнетофуд» порівняно з контрольними зразками в процесі зберігання

Найменування показників	Норматив	Зразки біло-рожевого зефіру при $\varphi=(90\pm 2)\%$		
		Контрольні зразки	Зразок 3	Зразок 7
1	2	3	4	5
Термін зберігання 45 діб				
КМАФАНМ, КУО/г, відразу / через 45 діб	$1,0 \cdot 10^3$	не виявлено / $1,0 \cdot 10^2$	не виявлено / $1,0 \cdot 10^1$	не виявлено / $1,0 \cdot 10^1$
Дріжджі КУО/г, відразу/через 45 діб	50	не виявлено / 6,0	не виявлено / 2,0	не виявлено / 2,0

1	2	3	4	5
БГКП (колиформи), в 0,1 г, відразу/через 45 діб	не доз.	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Патогенні м/о, у тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25г, відразу/через 45 діб	не доз.	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Плесняві гриби КУО/г, не більше, відразу / через 45 діб	50	не виявлено / 4,0	не виявлено / 2,0	не виявлено / 2,0
Термін зберігання 60 діб				
КМАФАнМ, КУО/г, відразу / через 60 діб	$1,0 \cdot 10^3$	не виявлено / $1,0 \cdot 10^3$	не виявлено / $1,0 \cdot 10^2$	не виявлено / $1,0 \cdot 10^2$
Дріжджі КУО/г, відразу/через 60 діб	50	не виявлено / 9,0	не виявлено / 4,0	не виявлено / 4,0
БГКП (колиформи), в 0,1 г, відразу/через 60 діб	не доз.	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Патогенні м/о, у тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25г, відразу/через 60 діб	не доз.	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Плесняві гриби КУО/г, не більше, відразу / через 60 діб	50	не виявлено / 6,0	не виявлено / 3,0	не виявлено / 3,0

*При $\varphi=(75\pm 2)\%$ мікробна контамінація поверхні дослідних зразків зефіру з добавкою «Магнетофуд» зменшена у середньому: КМАФАнМ — в 10 разів; дріжджів і пліснявих грибів — в 5 разів порівняно з контролем.

З даних табл. 6 випливає, що введення харчової добавки «Магнетофуд» зменшує контамінацію поверхні дослідних зразків зефірних виробів:

- при зберіганні дослідних зразків зефіру при вологості повітря $(90\pm 2)\%$ протягом 45 діб у зразках 3, 7 зменшується: КМАФАнМ — в 10 разів, дріжджів — в 3 рази, пліснявих грибів — в 2 рази порівняно з контролем;

- при зберіганні дослідних зразків зефіру при вологості повітря $(90\pm 2)\%$ протягом 60 діб у зразках 3, 7 зменшується: КМАФАнМ — в 10 разів, дріжджів — в 2,5 рази, пліснявих грибів — в 2 рази порівняно з контролем.

Це пов'язано з бактеріостатичною дією харчової добавки «Магнетофуд» [6].

З метою визначення умов зберігання вивчено кінетику сорбції дослідних зразків біло-рожевого зефіру. Результати досліджень наведено на рис. 3.

Аналіз наведених на рис. 4 кривих показує, що за відносної вологості повітря $(70—80)\%$ протягом рекомендованих строків зберігання (2 місяці) в усіх дослідних зразках зефіру зміна вологовмісту відбувається повільно, що видно на відповідних кривих сорбції. Встановлено, що за вологості повітря 75% , зразки зефіру будуть характеризуватись постійним вологовмістом протягом усього терміну зберігання. З рис. 4 також видно, що за вологості повітря 90% вологовміст зефіру поступово зростає, що зовні характеризувалось розвитком на контрольних зразках зефіру пліснявих грибів після 60 діб зберігання (див. табл. 5). За вологості повітря менше за 70% криві сорбції спрямовані вниз, що характеризує зменшення вологовмісту, поступове висихання продукту і веде до втрати органолептичних властивостей: зміни форми, структури, твердіння консистенції. При порівнянні з контрольними зразками

(рис. 2а, в) видно, що швидкість зміни вологовмісту у дослідних зразках зефіру (рис. 2б, г) зменшується, що пов'язано з вологоутримувальною та стабілізуючою здатністю харчової добавки «Магнетофуд», а саме: створенням сольватокмплесів і супрамолекулярних ансамблів наночастинок «Магнетофуд» з макромолекулами гелеутворювачів, зокрема агару, пектину [9].

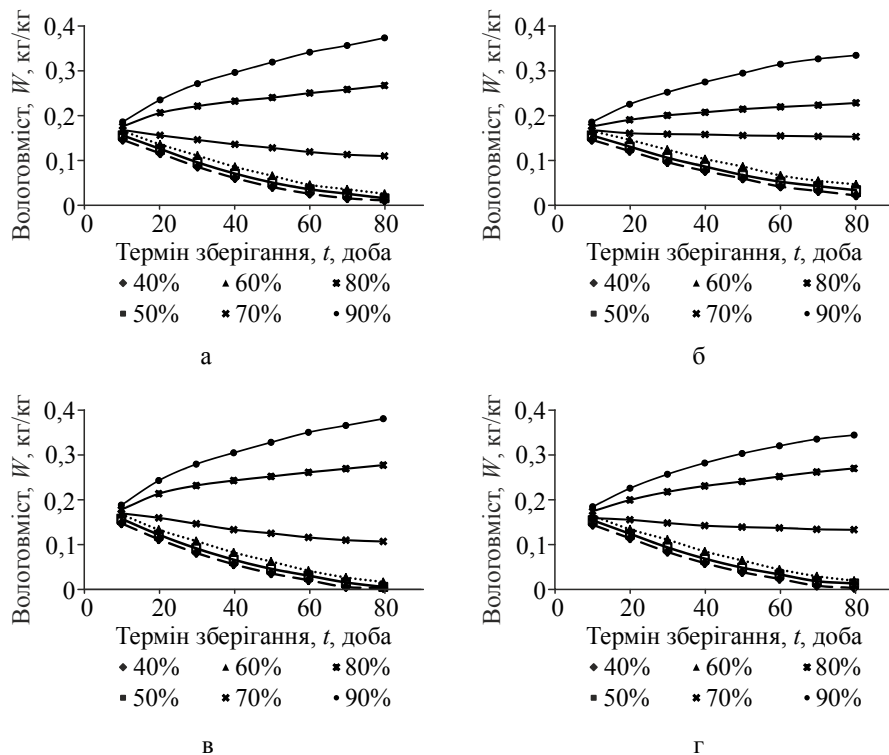


Рис. 4. Кінетика сорбції дослідних зразків зефіру біло-рожевого за різної вологості повітря: *а* — контрольний зразок 1 зефіру на агарі; *б* — дослідний зразок 3 зефіру на агарі; *в* — контрольний зразок 5 зефіру на пектині; *г* — дослідний зразок 7 зефіру на пектині

Результати обчислення критерію Q (див. формулу 1) для дослідних зразках зефіру надано у табл. 7.

Таблиця 7. Критерій Q для дослідних зразків зефіру за заданої вологості оточуючого середовища (ϕ)

Вологовміст Навколишнього середовища, ϕ , %	Значення критерію Q для дослідних зразків біло-рожевого зефіру			
	Зразок 1	Зразок 3	Зразок 5	Зразок 7
40	1,405	1,257	1,422	1,407
50	1,304	1,139	1,359	1,309
60	1,1079	0,990	1,236	1,189
70	0,490	0,480	0,521	0,319
80	0,876	0,492	0,879	0,824
90	1,679	1,378	1,744	1,400

Аналіз критерію Q (табл. 6) встановлює найменшу сумарну величину відхилення вологовмісту (W_i) дослідних зразків біло-рожевого зефіру від нормативного значення $W_3 = 0,170$ кг/кг — при $\varphi = 70\%$, що є додатковим підтвердженням оптимальних умов температурно-вологісного режиму під час зберігання біло-рожевого зефіру, знайдених з кінетичних кривих сорбції (рис. 3): вологість повітря $\varphi = 75 \pm 2\%$, температура $18 \pm 2^\circ\text{C}$.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що додавання (0,10, 0,15; 0,20)% харчової добавки «Магнетофуд» позитивно впливає на органолептичні, фізико-хімічні, технологічні та мікробіологічні властивості біло-рожевого зефіру на агарі і пектині, зокрема покращуються:

- форма та поверхня, консистенція та структура, запах і колір у середньому на 0,2—0,4 бала;

- вологість збільшується на (1,7—2,9)% в зразках на агарі і на (2,3—3,5)% в зразках на пектині — за рахунок вологозв'язувальної та вологоутримувальної здатності наночастинок добавки «Магнетофуд»;

- загальна кислотність зменшується на (0,1—0,2) $^\circ$ в зразках на агарі і на (0,5—0,7) $^\circ$ в зразках на пектині — за рахунок амфотерності добавки «Магнетофуд» та її здатності до взаємодії з кислотними речовинами збивних мас;

- зменшується величина густини зефірних мас, зокрема її найменше значення, на (55—61) кг/м³ для агару, на (65—71) кг/м³ для пектину і тривалість збивання на ~ 2 хвилини — за рахунок структуроутворюючої та стабілізуючої здатності добавки «Магнетофуд»;

- збільшується пластична міцність зефірних мас на (1,3—1,9) кПа в зразках на агарі і на (0,5—1,0) кПа в зразках на пектині — за рахунок здатності добавки «Магнетофуд» уповільнювати процес синерезису і стабілізувати гелевий каркас пінної структури;

- методом математичного моделювання експериментальних даних з піноутворення у дослідних зразках зефірних мас встановлені оптимальні значення температури t , $^\circ\text{C}$ і тривалості збивання τ , хв, які забезпечують отримання мінімальної густини зефірної маси: $t = 50, 25^\circ\text{C}$; $\tau = 14,65$ хв; $\rho_{\min} = 489,0$ кг/м³ — для агару; $t = 69, 1^\circ\text{C}$; $\tau = 8,2$ хв; $\rho_{\min} = 477,0$ кг/м³ — для пектину;

- встановлено раціональний вміст харчової добавки «Магнетофуд» — 0,15% до маси рецептурної суміші;

- розроблено технологічну схему виробництва зефіра біло-рожевого з введенням харчової добавки «Магнетофуд»;

- доведено зменшення мікробної контамінації поверхні зразків зефірних виробів з харчовою добавкою «Магнетофуд». При зберіганні при $\varphi = (90 \pm 2)\%$ протягом 45 діб у зразках 3, 7 порівняно з контролем зменшується: КМАФАнМ в 10 разів, дріжджів — в 3 рази, пліснявих грибів — в 2 рази; а при зберіганні протягом 60 діб — КМАФАнМ в 10 разів, дріжджів — в 2,5 рази, пліснявих грибів — в 2 рази;

- встановлено оптимальні умови температурно-вологісного режиму під час зберігання біло-рожевого зефіру: вологість повітря $\varphi = 75 \pm 2\%$, температура $18 \pm 2^\circ\text{C}$.

Отримані результати дають підставу рекомендувати харчову добавку «Магнетофуд» як стабілізатор, структуроутворювач та поліпшувач зефірної продукції.

Література

1. Сегмент пастило-мармеладных изделий и восточных сладостей: кто определяет тенденции /сост. Коптеева С. [и др.]. URL: <http://my-ki.ru/articles.php> (дата звернення 30.08.2018).
2. Стасіневич С.А., Валявський С.М. Ринок кондитерських виробів України: пропозиція і попит. *Продукты & ингредиенты*, 2013. № 1. С. 14—17.
3. Драгилев А.И., Лурье А.И. Технология кондитерских изделий. Москва: ДеЛи-принт, 2001. 483 с.
4. Сарафанова Л.А. Применение пищевых добавок в кондитерской промышленности. СПб: Профессия, 2005. 304 с.
5. Tsykhanovska I.V., Aleksandrov O.V., Gontar T.B., Barsova Z.V., Kokodiy M.G. Investigation of magnetite nanoparticles of lipid-magnetite suspensions by methods of photometry and electron microscopy. *East European Journal of Advanced Technologies*. 2016. 6/3 (81). P. 28—38. doi: 10.15587/1729-4061.2016.69826
6. Plyukha N.G., Tsykhanovska I.V., Barsova Z.V., Kovalenko V.A. Production technology and quality indices of a food additive based on magnetite. *East European Journal of Advanced Technologies*. 2010. 6, (48). P. 32—35.
7. Tsykhanovska I.V., Aleksandrov O.V., Evlash V.V., Lazareva T.A., Svidlo K.V., Gontar T.B. Development of technology of rye-wheat bread “Kharkiv Rodnichok” with the addition of a multifunctional nutritional supplement “Magnetofood”. *East European Journal of Advanced Technologies*. 2017. 6/11 (90). P. 48—58.
8. Tsykhanovska I., Alexandrov A., Evlash V., Lazareva T., Bryzyska O. Substantiation of the interaction mechanism between the lipo- and glucoproteids of rye-wheat flour and nanoparticles of the food additive “Magnetofood”. *East European Journal of Advanced Technologies*. 2018. 4/11 (94). P. 61—68. doi: 10.15587/1729-4061.2018.140048.
9. Tsykhanovska I., Alexandrov A., Evlash V., Lazareva T., Yevlash T. Substantiation of the mechanism of interaction of carbohydrates of rye-wheat flour and nanoparticles of the polyfunctional food additive “Magnetofood”. *East European Journal of Advanced Technologies*. 2018. 3/11 (93). P. 59—68. doi: 10.15587/1729-4061.2018.133373.
10. Tsykhanovska I., Skurikhina L., Evlash V., Pavlotska L. Formation of the functional and technological properties of the beef minced meat by using the food additive on the nanopowder basis of double oxide of two- and trivalent iron. *Ukrainian food journal*. 2018. 7 (3). P. 379—396. doi:10.24263/2304-974X-2018-7-3-4.
11. Salieva A. Pectin substances from sea and freshwater grasses as stabilizers at manufacturing of canned food of type confiture. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2013. No. 1. P. 194—200.
12. Прназарова У.К., Арифходжаев А.Х., Саломов Х.Т. Пектиновые вещества из отходов пищевых производств. *Пищевая промышленность*. 1991. № 2. С.55.
13. Артамонова М.В., Лисюк Г.М., Туз Н.Ф. Технологія мармеладу желейного з використанням криас-порошків рослинного походження. Харків: ХДУХТ, 2015. 134 с.
14. Крапивницкая И.А., Оболкина В. И., Йовбак У. С. Овощные и фруктово-овощные пектиносодержащие продукты в отделочных полуфабрикатах с желейной структурой. *Кондитерское производство*. 2014. № 5. С. 33—34.
15. Иоргачева Е.Г., Аветисян К.В., Куц А.В. Альтернативные виды сырья в технологии получения пастило-мармеладных изделий. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2009. № 1. С. 14—16.
16. Гурьянов И.Д., Фаизрахманова З.И., Фаизрахманова Д.И. Хитозан в производстве желейного мармелада. *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. № 7. С. 205—208.

17. Фощан А.Л. Регулювання реологічних та структурно-механічних властивостей желейних виробів та напівфабрикатів на основі комбінованих систем драгле утворювачів. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2010. № 2. С. 29—30.
18. Гриненко И.Г., Грушецкий Р.И., Хомичак Л.М. Некоторые закономерности образования инулиновых гелів. *Сахар: Научно-технический и производственный журнал*. 2014. № 11. С. 54—55.
19. Шебершнева Н.Н. Использование рикогеля 8100 в производстве желейного мармелада. *Кондитерское производство*. 2013. № 6. С. 15—16.
20. Игнатова Т.А., Подкорытова А.В. Использование гидрогелей каррагинанов в технологии желейных продуктов. Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов мирового океана: материалы III Междунар. науч.-техн. конф. в 2 частях. Владивосток: Дальрыбвтуз. 2014. С. 58—63.
21. Helena Bovšková and Kamila Míková. Factors Influencing Egg White Foam Quality. *Czech J. Food Sci.* 2011. Vol. 29. No. 4. P. 322—327.
22. Cotterill O. J., Chang C. C., McBee L. E., Heymann H. Metallic cations affect functional performance of spray-dried heat treated egg white. *Journal of Food Science*. 1992. Vol.57. P. 1321—1322, 1347.
23. Nakamura R., Umemura O., Takemoto H. Effect of heating on the functional properties of ovotransferrin. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1979. Vol.43. P. 325.
24. Corry J.E.L., James C., James S.J., Hinton M. Salmonella, Campylobacter and Escherichia coli 0157: H7 decontamination techniques for the future. *International Journal of Food Microbiology*. 1995. Vol. 28. P. 187—196.
25. Саломатов А.С., Саломатова А.С. Исследование пенообразующей способности порошка яичной скорлупы. *Вестник ЮУрГУ*. 2013. Т. 1. № 2. С. 30—33. (Серия «Пищевые и биотехнологии»).
26. Киласония К.Г. Использование пюре фейхоа и киви для получения сбивных кондитерских изделий. *Пищевая промышленность*. 2004. № 12. С. 79.
27. Иоргачева Е.Г. Пюре из топинамбура — рецептурный ингредиент кондитерских изделий. 36. наук. пр. ОДАХТ. Одеса: ОДАХТ, 2002. Вып. 23. С. 120—124.
28. Fioramonti S. A. [et al.] Design and characterization of soluble biopolymer complexes produced by electrostatic self-assembly of a whey protein isolate and sodium alginate. *Food Hydrocolloids*. 2013. Vol.05. P. 1—8.
29. Mao L. [et al.] Evaluation of volatile characteristics in whey protein isolatepectin mixed layer emulsions under different environmental conditions. *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 41. P. 79—85.
30. Румянцева В.В., Ковач Н.М., Гурова А.Ю. Применение нетрадиционного сырья при производстве пастильных масс. *Известия Вузов. Пищевая технология*. 2009. № 4. С. 10—12.
31. Капрельянец Л.В., Иоргачева Е.Г., С.И. Банова С.И. Модифицированные соепродукты с улучшенными пенообразующими и эмульгирующими свойствами. *Зернові продукти і комбікорми*, 2002. № 2. С. 23—25.
32. Смолихина П.М., Мусик А.И. Обоснование использования растительного сырья в технологии пастильных изделий. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный университет инженерных технологий. Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. С. 125—128.
33. Иванушко Л.С. Рецептуры на мармелад, пастилу и зефир. Москва: Пищевая промышленность, 1974. 208 с.
34. Олейникова А.Я., Магомедов Г.О., Мирошенкова Т.Н. Практикум по технологии кондитерских изделий: Учеб. пособие для студентов вузов. СПб.: ГИОРД, 2005. 458 с.
35. Литвин О.М., Лобанова Л.С. Економіко-математичні моделі із застосуванням системи комп'ютерної математики Mathcad. Навчально-методичний посібник. Харків: УПА, 2012. 97 с.

THE INFLUENCE OF THE FLOUR OF PARTIALLY DEFATTED OIL SEEDS AND ARTICHOKE ON RYE BREAD STALING

N. Pashova, G. Voloshchuk, V. Fomenko, V. Mank

National University of Food Technologies

Key words:

Bread
Freshness
Staling
Rye flour
Artichoke flour
Pumpkin seeds flour
Sesame
Walnut

Article history:

Received 11.03.2019
Received in revised form
01.04.2019
Accepted 22.04.2019

Corresponding author:

N. Pashova
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Processes that take place in custard rye bread during storage and the influence of partially defatted pumpkin seeds, sesame, walnut flour and artichoke flour on preservation of freshness have been studied.

The addition of studied raw materials to the bread leads to a decrease of bread staling intensity during five days of storage, but reduces the elasticity of the pulp by 10...50%. Bread with artichoke flour had the highest coefficients of fragility and the lowest rates of swelling. The mixture of artichoke flour and partially defatted oil seeds did not have a significant effect on staling process.

The X-ray diffraction analysis has established that in the process of storage for five days in custard rye bread, processes of ripening of the structure of the pulp occur, which are manifested in the further destruction of flour crystalline biopolymers and the creation of new structured biopolymers. With the help of thermogravimetric analysis it was discovered that in the custard rye bread the free water is removed after 24 hours of backing, and the amount of tightly bound water remains almost unchanged. During five days of storage the energy of activation of water in the pulp of bread increases.

Adding partially defatted oil seeds and artichoke flour leads to a deeper destruction of flour biopolymers in the process of making bread, but during storage, the components of artichoke flour and partially defatted oil seeds contribute to the retrogradation of flour biopolymers. At the same time, the process of weight loss of custard rye bread is reduced by 1.5...2.5%, since the addition of partially defatted oil seeds and artichoke flour increases the amount of tightly bound water which is gradually passes to the less connected during the process of storage. Adding partially defatted oil seeds and especially artichoke flour reduces the activation energy of water in rye bread.

The conducted studies confirm the expediency of using brew in the production of rye bread with the addition of artichoke flour powder and partially defatted pumpkin seeds, sesame and walnut.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-22

ВПЛИВ БОРОШНА ЗНЕЖИРЕНОГО НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР І ТОПІНАМБУРА НА ЧЕРСТВІННЯ ЖИТНЬОГО ХЛІБА

Н.В. Пашова, Г.І. Волощук, В.В. Фоменко, В.В. Манк

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено процеси, перебіг яких відбувається під час зберігання хліба заварного із житнього борошна, та вплив борошна частково знежиреного (БЧЗ) з насіння: гарбуза, кунжуту, горіха волоського та порошку топінамбура (ПТ) на збереження свіжості готового виробу.

Додавання в хліб досліджуваної сировини призводило до зниження інтенсивності усування хліба протягом п'яти діб зберігання, але знижувало показники пружності м'якушки на 10...50%. Хліб з ПТ мав найвищі показники кришкуватості та найнижчі показники набухання. Суміш ПТ та БЧЗ олійних культур не так суттєво впливала на перебіг процесів черствіння.

Рентгенофазовим аналізом встановлено, що в процесі зберігання протягом п'яти діб у житньому заварному хлібі тривають процеси визрівання структури м'якушки, які виражають у подальшому руйнуванні кристалічних біополімерів житнього борошна та створенні нових структурованих біополімерів. Аналізом дериватограм виявлено, що у хлібі заварному із житнього борошна через 24 години після випікання видаляється вільна вода, а кількість міцнозв'язаної води залишається майже незмінною. Енергія активації води в м'якушці хліба зростала протягом п'яти діб зберігання.

Додавання БЧЗ насіння олійних культур та ПТ призводять до глибшого руйнування біополімерів борошна в процесі виготовлення хліба, але під час зберігання компоненти ПТ та БЧЗ сприяють ретроградації біополімерів борошна. При цьому уповільнюються процеси усування хліба заварного із борошна житнього обдирного на 1,5...2,5%, оскільки додавання БЧЗ насіння олійних культур та ПТ збільшує кількість міцно зв'язаної води, яка в процесі зберігання поступово переходить до менш зв'язаної. Внесення БЧЗ насіння олійних культур і ПТ знижують енергію активації води в хлібі із житнього борошна.

Проведені дослідження підтверджують доцільність використання заварки при виробництві хліба із житнього борошна з додаванням ПТ та БЧЗ насіння гарбуза, кунжуту і горіха волоського.

Ключові слова: хліб, свіжість, черствіння, житнє борошно, порошок топінамбура, борошно насіння гарбуза, кунжут, горіх волоський.

Постановка проблеми. Свіжість є однією з визначальних характеристик якості хліба, основним показником його конкурентоспроможності. При розробці раціональної технології хліба із житнього борошна підвищеної харчової цінності запропоновано використовувати побічні продукти олійного виробництва — борошно частково знежирене (БЧЗ) насіння гарбуза, кунжуту та горіха волоського, виготовлене з їх макухи чи шроту. Для поліпшення

функціональних властивостей та запобігання пліснявінню хліба рекомендовано використовувати БЧЗ олійних культур у суміші з порошком топінамбура (ПТ) [1; 2]. Розроблений хліб з суміші БЧЗ олійного насіння та ПТ мав покращену структуру пористості, але швидше черствів. Вивчення сутності впливу нової сировини на зміни у процесі зберігання необхідне подальших для надання рекомендацій щодо поліпшення споживчих властивостей розроблених виробів.

Аналіз досліджень і публікацій. Боршно із макухи чи шроту насіння гарбуза, кунжуту та горіха волоського є полікомпонентною сумішшю поживних речовин для щоденного споживання. Хімічний склад та основні технологічні показники якості зразків борошна житнього обдирного, БЧЗ олійного насіння та ПТ наведено в табл. 1 [3; 4]. Залежно від сорту олійного насіння, умов його вирощування та способу знежирення, подрібнення та просіювання борошна, БЧЗ може мати: вміст жиру від 2,0 до 15,0%, білкових речовин до 60%, харчових волокон до 20% та більше 4% зольних речовин, цукрів і крохмалю. Вибрані БЧЗ діаметрально впливають на органолептичні та фізико-хімічні показники якості житнього хліба, оскільки мають різний хімічний склад білків, харчових волокон, органічних кислот. З метою збільшення дозування есенціальних речовин БЧЗ олійного насіння підібрано суміш з БЧЗ насіння кунжуту, БЧЗ гарбуза, БЧЗ горіха волоського і ПТ [1].

Таблиця 1. Хімічний склад борошна житнього обдирного, БЧЗ насіння гарбуза, кунжуту, горіха волоського та ПТ

Складові (%), показники якості	Боршно житне обдирне	Боршно частково знежирене			Порошок топінамбура
		горіха волоського	насіння гарбуза	насіння кунжуту	
Вода	14,0	9,0	8,0	7,0	8,0
Жири / % до СР	1,2	10,5/11,5	11,0/12,0	9,8/10,5	3,0
Білки	7,0	32/30,0	50,0	45,0	6,0
Вуглеводи загальні	72,0	50,0	20,0	20,0	75,0
Крохмаль	65,0	2...10	5...10	10...15	2,0
Цукри	5,8	2...10	5...10	2...4	25,0
Харчові волокна	8,0	15,0	10,0	9,0	46,0
Зола	1,2	6,0	7,0	7,5	6,0
Титрована кислотність, град.	2,0...3,0	6,0...10,0	3,0...5,0	4,0...5,0	18,0...22,0
Загальна титрована кислотність спиртової витяжки, град.	0,2	5,0...9,5	1,5	2,0	15,0
Крупність помелу, %, не більше:					
1. Залишок на ситі з дротяної сітки № 45 шовкової тканини № 25	2,0 —	— 1,5	— 1,8	— 2,0	— 2,0
2. Прохід крізь сито з шовкової тканини № 38, шовкової тканини № 35	60,0 —	— 48,0	— 46,0	— 45,0	— 50,0

ПТ широко вивчений як недорога вітчизняна інуліновмісна сировина для хлібних виробів із пшеничного борошна та різних груп кондитерських

виробів [5]. Продукти переробки топінамбура уповільнюють черствіння пшеничного хліба. Проведений літературний огляд не виявив матеріалів про вплив БЧЗ із макухи чи шроту насіння гарбуза, кунжуту та горіха волоського та ПТ на процеси зберігання хлібних виробів із житнього борошна.

Встановлено [6], що за рахунок підвищеного вмісту харчових волокон, білків, мінеральних речовин, кислотореагуючих речовин та жиру БЧЗ насіння олійних культур і ПТ впливають на перебіг колоїдних процесів під час утворення тіста із житнього обдирного борошна за показниками фаринографа. Досліджувана сировина несуттєво збільшує водопоглинальну здатність і час утворення модельних зразків тіста, підвищує еластичність та зменшує ступінь розрідження тіста.

За результатами аналізу амілограм житнього борошна з додатковою сировиною встановлено, що ПТ та БЧЗ олійного насіння знижують на 1...3°C температуру початкової клейстеризації крохмалю. Амілограми житнього борошна з БЧЗ мають нехарактерний для борошна пік зміни в'язкості борошняного клейстеру. Ділянка максимальної в'язкості суспензії подовжена до 5 хв, яка не підвищується вище за пік в'язкості для некрохмальних полісахаридів, що містяться у житньому борошні. Додавання БЧЗ олійного насіння істотно знижує максимальну в'язкість водно-борошняної суспензії житнього борошна: з 520 од. амілографа до 320...360. ПТ у кількості 3% знижує максимальну в'язкість суспензії лише на 20 од. амілографа.

Внесення суміші БЧЗ та ПТ призвело до мінімальних значень в'язкості клейстеру (320 од. приладу) та нижчої температури початкової клейстеризації — 51°C. При дозуванні її у кількості до 10% основними компонентами хліба залишаються складові житнього борошна.

Сучасними науковими дослідженнями для хліба із пшеничного та житнього борошна встановлено, що черствіння хліба спричиняють процеси кристалізації та модифікації полімерів крохмалю і білкових речовин, які призводять до зміни гідрофільних та фізико-хімічних властивостей м'якушки, її кришкуватості та не є результатом висихання [7; 8]. Кількість води в тісті для приготування хліба є недостатньою для повного гідролізу біополімерів борошна. Тому крохмаль, який має найнижчу здатність до гідролізу, в процесі приготування тіста та під час випікання лише частково втрачає кристалічну структуру комірок біополімерів амілопектину й амілози, яка починає відновлюватися зразу ж після випікання у процесі охолодження хліба. Міграція води під час охолодження та зберігання хліба підсилює процеси ретроградації крохмальних біополімерів, перебіг яких відбувається в 4...6 разів швидше, ніж процеси зміни структури білків при однакових температурних умовах. Найшвидше складання макромолекул у комірочки біополімерів в хлібі відбувається при температурі 2...4°C і сповільнюється при зниженні температури зберігання до — 8°C, чи збільшенні до + 50°C.

Значний вплив на сповільнення черствіння хліба чинять пентозани (арабіноксилани). Вони мають високополімерну структуру, містять велику кількість гідроксильних груп. Характерною особливістю пентозанів є їх властивість швидко утворювати в'язкі водні розчини, які при дії окисників перетво-

рюються у міцні драгли. Водорозчинні пентозани впливають на процеси ретроградації тільки амілопектину, а нерозчинні — затримують процес ретроградації і амілози також [8].

Житнє борошно, на відміну від пшеничного, містить втричі більше некрохмальних полісахаридів (8...12,0%), представлених водорозчинними пентозанами (слизами) та поліфруктозидами (левулезанами), а також водорозчинними полісахаридами, при гідролізі яких утворюється фруктоза. Слизи жита дуже гідрофільні, їх об'єм при гідратації збільшується до 10 разів, вони поглинають воду у співвідношенні 1:15. Наявність розгалуженої арабіноксиланової фракції сприяє утворенню комплексів пентозанів з білковими речовинами та крохмалем. Такий вплив забезпечує відсутність клейковинного каркасу в житньому тісті, його високу в'язкість, зниження температури клейстеризації крохмалю та сповільнення процесу черствіння.

Дослідженнями [9] було підтверджено, що менш глибока клейстеризація крохмалю в процесі випікання є причиною пришвидшення ретроградації крохмальних зерен у хлібі. Хоча додавання гідрофільних речовин призводить до зменшення вмісту вільної води макро- та мікрокапілярів і до збільшення кількості міцнов'язаної води після випікання.

Водоутримувальна здатність целюлози, геміцелюлози, пектинових речовин сприяє зниженню усихання хлібних виробів [7; 8].

У процесі розробок технології хліба із додаванням житнього борошна подовженого терміну зберігання було встановлено [10], що на збереження свіжості хліба визначальний вплив має кількість декстринів, які утворюються з крохмальних полісахаридів у процесі амілолізу на початку випікання тістових заготовок. Тому ефективним способом подовження свіжості хліба є використання оцукрених заварок, продуктів неповного розкладу крохмалю: патоки, солодових екстрактів тощо.

Метою дослідження є вивчення впливу БЧЗ олійного насіння та ПТ на процеси ретроградації біополімерів борошна та перерозподіл води в м'якушці хліба під час його зберігання.

Матеріали і методи. При проведенні виробничих і лабораторних досліджень для виготовлення дослідних зразків хліба використовували борошно житнє обдирне з показником числа падіння 220 с. Для підтвердження закономірностей впливу повторне дослідження проводили з борошном, що мало число падіння 165 с. Основну та додаткову сировину: солод житній ферментований; сіль кухонну харчову; воду питну; порошок топінамбуру торговельної марки «Дар» із загальним вмістом фруктанів 44%, середньою молекулярною масою 15 одиниць лінійності ланцюга; БЧЗ волоських горіхів, гарбузового насіння та кунжуту виробництва ПП компанії «Річойл» використовували з вмістом жиру 9,0...12,0% до маси сухих речовин (СР). Для підтвердження закономірностей впливу повторне дослідження проводили з БЧЗ волоських горіхів, гарбузового насіння та кунжуту виробництва «Науково-виробнича фірма «Елітфіто», що мало вміст жиру 10,0...15,0% до маси СР.

Тісто готували трифазним способом на заварці: рідка закваска—оцукрена заварка—тісто. Готову рідку житню закваску (складу: *Lactobacillus plantarum*

30, *L.casei* 26, *L.fermenti* 34, *L.brevis* та *Saccharomyces minor* «чорноріченська», *S.cerevisiae* Л1), дозували за вмістом борошна — 15% від його загальної кількості, вологістю $71,0 \pm 1,0\%$, кислотністю $10,0 \pm 1,0$ град. Заварку, приготовлену із 5,0% житнього борошна та 5,0% солоду житнього ферментованого від загальної кількості борошна, вологістю $64,0 \pm 1,0\%$ оцукрювали протягом трьох годин. ПТ і БЧЗ вносили в тісто, його замішували на двошвидкісній машині з однаковою вологістю — 51%, однакової консистенції. Процес бродіння тіста відбувався при температурі $29 \pm 1^\circ\text{C}$ протягом 60 ± 10 хв до кінцевої кислотності $7,0 \pm 0,5$ град. Готове тісто ділили вручну на шматки масою 550 г. Тістові заготовки вкладали у змащені форми і направляли на вистоювання при температурі $35 \pm 5^\circ\text{C}$ та відносній вологості повітря $75 \pm 10\%$ на 60 ± 10 хв. Перед посадкою в піч тістові заготовки хліба збризкували водою. Випікали хліб у зволоженої пекарській камері печі при однакових температурних режимах протягом 45 ± 3 хв. Охолоджували хліб в умовах цеху при температурі $20 \pm 1^\circ\text{C}$ та відносній вологості повітря $70 \pm 5\%$.

Відбирали зразки для контролю якості хліба, визначення стану структури та форм зв'язку води в хлібі через 6, 24 та 120 год після випікання. Зразки хліба зберігали упакованими в пергамент при температурі $13 \dots 14^\circ\text{C}$.

Якість готових виробів та показники свіжості: деформацію, кришкуватість і гідрофільність м'якушки визначали за загальноприйнятими методиками [11].

Дослідження впливу БЧЗ насіння та ПТ на зміни в кристалічній структурі м'якушки хліба проводили за допомогою рентгенофазового аналізу на приладі ДРОН УМ — 1 в інтервалах кутів θ від 0 до 60° .

Стан води в зразках визначали за допомогою дериватографа Q-1000 в діапазоні температур з 25 до 200°C при швидкості нагрівання $5^\circ\text{C}/\text{хв}$. На основі отриманих даних розраховували енергію активації води в м'якушці хліба.

Результати і обговорення. Досліджувані хлібні вироби протягом п'яти діб (120 годин) мали добре виражений смак і запах. Як наведено в табл. 2, додавання ПТ та суміші ПТ з БЧЗ олійного насіння в оптимальних кількостях для житнього хліба призводило до зниження інтенсивності усихання хліба протягом зберігання. Хліб з досліджуваною сировиною мав вологість м'якушки на $1,5 \dots 2,5\%$ вищу, ніж у контрольному зразку. Додавання ПТ і БЧЗ призвело до зростання кислотності хліба. У виробих з ПТ пористість і питомий об'єм хліба зростали на 7% та 3% відповідно, але ці показники знижувалися при додаванні БЧЗ. При цьому стан м'якушки не погіршувався, вона мала дрібніші пори. За рахунок вмісту цукрів у ПТ та БЧЗ масова частка цукру в хлібі зростала приблизно на 1%.

Додавання в хліб досліджуваної сировини сприяло протягом зберігання зниженню показників пружності м'якушки на $10 \dots 50\%$. Після 120 годин зберігання зразки хліба з ПТ мали найвищі показники кришкуватості та найнижчі показники набухання. Суміш ПТ та БЧЗ не так суттєво впливала на процеси черствіння. Здатність м'якушки до набухання для контрольного зразка знизилася на 12,3%, для хліба з ПТ на 22,8%, а для хліба з сумішшю ПТ та БЧЗ олійного насіння на 18%.

Таблиця 2. Вплив ПТ та БЧЗ олійного насіння на якість хліба протягом зберігання

Показники якості	Контроль		ПТ, 3%		Суміш БЧЗ і ПТ, 10%	
	24 год	120 год	24 год	120 год	24 год	120 год
Вологість, %	49,5	47,0	49,5	48,5	50,0	49,5
Кислотність, град.	6,2		7,0		7,2	
Пористість, %	52		56		50	
Питомий об'єм, см ³ /г	1,54		1,58		1,52	
Масова частка цукру, % до СР	6,0		6,9		7,1	
Пружність м'якушки, один. пенетрометра	9,0	2,8	7,0	2,5	6,0	1,3
Набухання, %	90	79	88	68	90	74
Кришкуватість, %	—	2,4	1,0	4,5	1,0	3,0

Для вивчення особливостей впливу досліджуваної сировини на процеси змін структурних показників якості м'якушки під час зберігання хліба вивчали рентгенограми виробів і порівнювали їх з рентгенограмою борошна житнього обдирного (рис. 1).

Дифракційна крива житнього борошна мала п'ять явно виражених максимумів, що відповідають кутам 2θ : 15,08 град, 17,28 град, 17,96 град, 20,24 град, та 23,16 град, які визначають кристалічні структури крохмалю борошна.

Дифрактограми випеченого хліба демонструють руйнування кристалічної структури борошна до аморфної та створення нових речовин, які змінюють характер дифрактограми. Поширення ліній дифрактограми крохмалю свідчить про руйнування вихідної кристалічної його структури з утворенням суміші продуктів руйнування різного розміру. Це може пояснюватися формуванням нової аморфної структури із залишками структури борошна.

З аналізу дифрактограм (рис. 1, табл. 3) контрольного зразка хліба після 24 і 120 годин зберігання видно, що відбувається подальше руйнування кристалічної структури крохмалю м'якушки протягом п'яти діб зберігання.

Додавання ПТ впливає на перебіг процесів зміни кристалічної структури хліба в діапазоні дифрактограми до 22 град, який містить найбільш характерні рентгенівські рефлекси житнього борошна та зміщення рентгенівських рефлексів в область більших кутів.

Внесення суміші БЧЗ і ПТ призводить до зниження дифракційних максимумів м'якушки хліба у процесі зберігання до стану дифрактограми, яка відповідає сухим біополімерам житнього борошна.

Для контрольного зразка хліба житнього заварного спостерігається зниження інтенсивності дифракційних ліній, що відображають п'ять піків найбільш сформовані кристалічні структури борошна (табл. 3). Отже, в процесі зберігання житнього заварного хліба відбуваються біохімічні та колоїдні процеси визрівання структури м'якушки, що виражаються в руйнуванні кристалічних біополімерів борошна.

Інтенсивність дифракційних максимумів для хліба із ПТ і сумішшю БЧЗ та ПТ на 6 та 24 годину зберігання нижчі, ніж у контрольного зразка, що вказує на більш істотне руйнування кристалічних структур борошна. Але через їх збільшення в процесі зберігання, на 120 годину, їх висота є більшою, ніж у

контрольного зразка. Це може свідчити про перебіг процесів ретроградації біополімерів борошна (очевидно, крохмалю та його складових) в хлібі з БЧЗ насіння олійних культур під час зберігання.

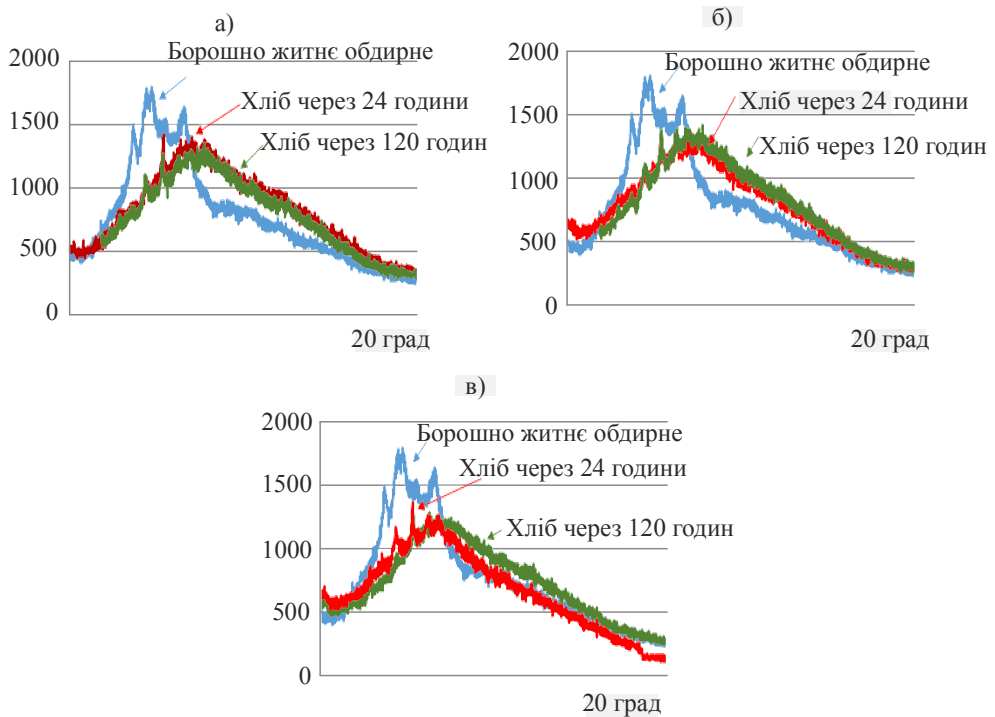


Рис. 1. Зміни дифрактограм м'якушки хліба в процесі зберігання:
а) контроль; б) 3% ПТ; в) 10% суміші ПТ та БЧЗ олійного насіння

Таблиця 3. Вплив ПТ та БЧЗ олійного насіння в оптимальних кількостях і в суміші на інтенсивність рефлексів дифрактограм

Продукт, термін зберігання	Амплітуди піків дифрактограм				
	15,08 град	17,20 град	17,96 град	20,24 град	23,16 град
1	2	3	4	5	6
Борошно житнє обдирне	1494	1786	1795	1550	1645
Хліб (контроль)					
6 годин	842	1073	1071	1226	1373
24 годин	819	1036	995	1095	1266
120 годин	811	1034	923	1069	1189
Хліб з ПТ 3 %					
6 годин	821	955	976	1122	1175
24 годин	835	1053	998	1120	1221
120 годин	876	1110	974	1169	1277
Хліб з ПТ та БЧЗ, 10 %					
6 годин	745	962	940	1081	1204

1	2	3	4	5	6
24 годин	805	1012	956	1096	1215
120 годин	883	1041	973	1120	1123
Хліб з БЧЗ кунжуту, 4%					
6 годин	829	1013	1044	1070	1231
24 годин	807	1045	993	1076	1197
120 годин	796	1071	980	1078	1184
Хліб з БЧЗ насіння гарбуза, 3%					
6 годин	816	1098	1010	1078	1185
24 годин	898	974	1007	1134	1190
120 годин	982	1097	1075	1158	1253
Хліб з БЧЗ горіха волоського, 1%					
6 годин	852	985	994	1139	1239
24 годин	859	1065	1007	1240	1284
120 годин	944	1211	1058	1179	1146

Отже, найбільше ототожнюється з кривою рентгенограми борошна на п'яту добу зберігання — крива рентгенограми хліба із сумішшю БЧЗ та ПТ. Лінію житнього борошна повторюють лінії хліба із ПТ. При цьому лінія контрольного зразка заварного хліба на 120 годину зберігання демонструє найбільш виражену аморфно-зруйновану структуру. Це свідчить, що додавання БЧЗ та ПТ призводить до прискорення ретроградації біополімерів борошна у процесі зберігання.

Аналіз впливу ПТ та БЧЗ олійного насіння в оптимальних кількостях та в суміші, на зміни висоти піків дифрактограм хліба, що відповідають найбільше вираженим кристалічним полімерним блокам борошна, показує зростання інтенсивності дифракційних рефлексів дифрактограм хліба під час зберігання. Така динаміка збільшення інтенсивності рефлексів вказує на процеси ретроградації крохмалю та інших біополімерів борошна в хлібі з ПТ та БЧЗ.

Вивчення впливу ПТ та БЧЗ на процеси усихання робили шляхом дослідження форм зв'язку води в хлібі. Дериватограми ДТА мали асиметричний ендотермічний пік, на якому дотичними виділяли чотири температурні зони за певними термoeфектами (табл. 4). Відзначали [12], що на першому інтервалі низьких температур до 42...70°C видаляється вільна вода з крупних пор і капілярів; у другому інтервалі температур до 110°C видаляється вода з мікрокапілярів; на ділянках до 128...139°C та при прогріванні зразка до 175° видаляється міцно зв'язана вода, що утримується різними адсорбційними центрами колоїдної системи м'якушки. Ними можуть бути гідроксильні групи білків, амінокислот і полісахаридів. Відмінність у міцності зв'язку води з такими центрами проявляється в асиметричності ендотермічного піку ДТА. Тому умовно поділяли видалену воду в третьому температурному діапазоні на осмотично зв'язану, а в четвертому — на адсорбційно зв'язану воду.

Наявність ПТ в рецептурі хліба знижувало температури другого і третього інтервалів на 3...5°C. Додавання БЧЗ та суміші ПТ з БЧЗ в хліб, навпаки, призводило до зростання температур третього температурного інтервалу на 2...11°C, що свідчить про більшу кількість міцно зв'язаної води.

Додавання ПТ та БЧЗ олійного насіння, навіть у найменших кількостях (1% БЧЗ горіха волоського), призводить до зниження кількості вільної води, що видаляється у першому інтервалі, та збільшення міцно зв'язаної води, яка видаляється в третьому температурному інтервалі. В процесі зберігання хліба з ПТ та БЧЗ відбувається поступовий перехід води з міцно зв'язаної до води з нижчою енергією зв'язку, що видаляється у другому температурному інтервалі. При цьому кількість вільної води, що видаляється у першому (низько-температурному) інтервалі, залишається незначною, меншою ніж у контрольному зразку.

Таблиця 4. Вплив ПТ та БЧЗ олійного насіння в оптимальних кількостях і в суміші на зміни кількості води різних форм зв'язку у хлібі заварному із житнього борошна

Зразки хліба	6 годин		24 годин		120 годин	
	температ. інтервал, °С	втрати маси, %	температ. інтервал, °С	втрати маси, %	температ. інтервал, °С	втрати маси, %
Контроль	25—70	5,13	25—68	4,00	25—58	1,60
	70—108	33,27	68—107	33,20	58—107	30,60
	108—128	6,80	107—125	8,00	107—131	7,80
	128—175	2,60	125—175	2,40	131—175	2,00
	Разом 47,80		Разом 47,60		Разом 42,00	
ПТ 3%	25—47	1,00	25—56	1,20	25—52	0,40
	47—107	31,80	56—104	36,40	52—106	32,80
	107—137	12,40	104—120	9,20	106—128	8,00
	137—175	1,60	120—175	1,20	128—175	1,60
	Разом 46,80		Разом 48,00		Разом 42,80	
Суміш ПТ та БЧЗ, 10 %	25—57	0,40	25—57	0,40	25—60	1,20
	57—110	37,20	57—107	37,20	60—115	38,60
	110—135	10,40	107—127	10,80	115—142	8,00
	135—175	2,40	127—175	2,80	142—175	1,80
	Разом 50,40		Разом 51,20		Разом 49,60	
БЧЗ кунжуту, 4%	25—70	1,40	25—70	2,80	25—76	3,60
	70—106	36,80	70—108	36,00	76—115	34,80
	106—130	9,50	108—131	8,80	115—150	10,40
	130—175	2,80	131—175	2,80	150—175	1,60
	Разом 50,50		Разом 50,40		Разом 50,40	
БЧЗ насіння гарбуза, 3%	25—65	0,00	25—42	0,40	25—43	0,80
	65—107	38,00	42—108	42,40	43—110	42,40
	107—132	9,20	108—130	4,40	110—137	4,00
	132—175	2,40	130—175	2,40	137—175	2,00
	Разом 49,60		Разом 49,60		Разом 49,20	
БЧЗ горіха волоського, 1%	25—57	0,00	25—60	0,80	25—46	0,40
	57—107	34,80	60—109	36,00	46—109	34,40
	107—139	11,20	109—133	9,20	109—136	9,20
	139—175	2,40	133—175	2,40	136—175	2,00
	Разом 48,40		Разом 48,40		Разом 46,00	

Отримані дані про загальну кількість видаленої води підтверджують про сприяння ПТ та БЧЗ зниженню процесів усихання. За п'ять діб контрольний

зразок втрачає більше 7% води; хліб, що містить ПТ втрачає 4,0%; а хліб з сумішшю БЧЗ та ПТ — лише до 1% води. При цьому в хлібі, що мав у своєму складі ПТ, на 24 годину зберігання кількість води зростала на 0,8...1,2%. Очевидно, такі зміни пояснюються підвищеним вмістом гідрофільних фруктанів і фруктози.

Для більш наглядного впливу ПТ та БЧЗ олійного насіння на стан води в житньому хлібі під час зберігання розраховували енергію активації руху води, що відображає енергетичні бар'єри між місцями дислокації молекул води у внутрішній структурі м'якушки. Як свідчать дані рис. 2, додавання БЧЗ кунжуту, горіха волоського несуттєво впливає на характер зміни енергії активації води хліба під час зберігання. Після доби енергія активації води в контрольному зразку знижується на 0,2...0,5 кДж/моль, а на 5 добу зростає на 0,5..1,0 кДж/моль (5...7%). В цілому енергія активація в контролі та в зразку із сумішшю БЧЗ знаходиться в межах 8,2...9.2 кДж/моль.

Хліб, до складу якого входить ПТ, має нижчу енергію активації води, ніж контроль, та іншу динаміку її зміни протягом зберігання. Через 24 години після випікання енергія активації води хліба з ПТ зростає на 0,5..2,0 кДж/моль, але під час зберігання хліба енергія активації води знижується і стає майже рівною свіжовипеченому хлібу з ПТ — 6,2...6,5 кДж, це на 34% нижче ніж в контрольному зразку.

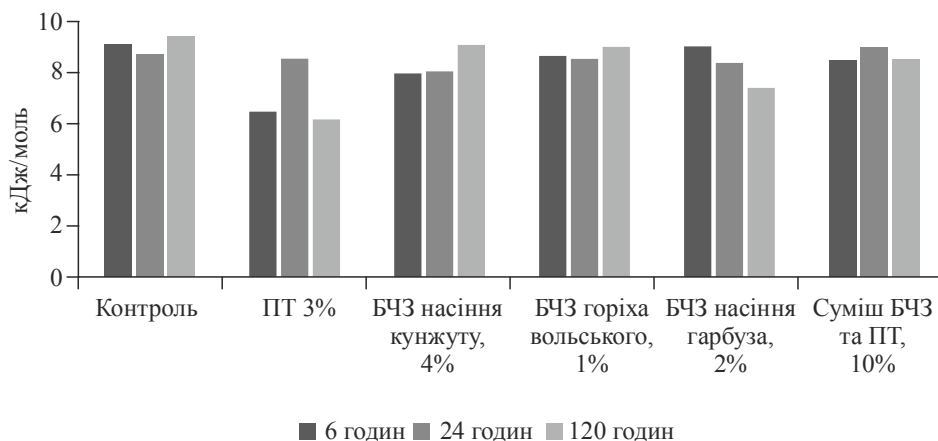


Рис. 2. Вплив ПТ та БЧЗ олійного насіння на енергію активації води в хлібі під час його зберігання

Внесення ПТ у суміші з БЧЗ олійного насіння змінює динаміку енергії активації води під час зберігання хліба: протягом доби після випікання енергія активації води зростає, а на п'яту добу знижується, але при вищих показниках, наближених до контрольного зразка.

Висновки

Проведеними дослідженнями встановлено, що при зберіганні протягом п'яти діб у житньому заварному хлібі відбуваються процеси визрівання структури м'якушки, що виражається у руйнуванні кристалічних біополімерів

борошна. При цьому видаляється вільна вода, а кількість міцно зв'язаної води залишається майже незмінною; енергія активації води в м'якушці хліба зростає на 5...7%.

Додавання БЧЗ насіння олійних культур та ПТ призводить до глибшого руйнування біополімерів борошна в процесі виготовлення хліба, але під час зберігання компоненти ПТ та БЧЗ сприяють ретроградації біополімерів у кристалічні ґратки борошна. Такий вплив знижує показники пружності м'якушки на 10...50%, здатність поглинати м'якушкою воду на 6...9%, збільшує її кришкуватість на 7...15%, якщо порівняти зі змінами м'якушки контрольного зразка.

БЧЗ олійного насіння призводить до збільшення кількості міцно зв'язаної води та відсутності вільної води у житньому хлібі, що сприяє зниженню інтенсивності процесів усихання хліба заварного із борошна житнього обдирного на 1,5...2,5%. В процесі зберігання відбувається зміна стану води з високою міцністю зв'язку до менш зв'язаної води. Тому хліб з БЧЗ насіння гарбуза, кунжуту і горіха волоського протягом зберігання майже не втрачає воду, але її енергія активації знижується, що, на нашу думку, і прискорює процеси черствіння, але сприяє зниженню процесів усихання хліба заварного із борошна житнього обдирного.

Доцільність використання заварки при виробництві хліба із житнього борошна з додаванням ПТ та БЧЗ насіння гарбуза, кунжуту і горіха волоського підтверджена проведеними дослідженнями.

Література

1. Патент 120604, A21D 2/36(2006.1) A21D8/02(2006.1) Корисна модель на хліб житній заварний збагачений / Пашова Н.В., Волощук Г.І. ; заявник Національний університет харчових технологій. № u 201705064; заявл. 25.05.2017; опубл.10.11.2017, Бюл. № 21/2017.
2. Макаренко Є.В. Мікрофлора житнього тіста з топінамбуром та шротами [Текст] / Є.В. Макаренко, Н.В. Пашова, Н.М. Грегірчак, Г.І. Волощук. Сучасні досягнення фармацевтичної технології і біотехнології : збірник наукових праць, випуск 3. Х.: Вид-во НФаУ, 2017. С. 177—180.
3. Борошно стародавніх пшениць, продукти переробки круп'яних культур та шроти у технології хліба : моногр. / В.І. Дробот, Л.А. Михонік, А.Б. Семенова, Н.О. Фалендиш. К.: ПрофКнига, 2018. — 188 с.
4. Raw Material Compendium (1996): A compilation of world wided at asources. Novus Europe S.A. Brussels, pp. 541.
5. Капрельянц Л.В., Іоргачова К.Г. Функціональні продукти. Технологія продуктів функціонального питания: Монографія. Одеса: Друк, 2003. 312 с.
6. Чорний В. Вплив шротів насіння і горіхів на перебіг процесів приготування тіста для житнього хліба / В. Чорний, Г. Волощук., Н. Пашова. Збірник тез доповідей Х Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції [«Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання»], (Тернопіль, 25—26 квітня 2017 р.) / Тернопільський національний університет ім. Пулюя. Тернопіль: ТНТУ, 2017. № 2. С. 225—226.
7. Килкаст Д. Стабільність і срок годности. Хлебобулочные и кондитерские изделия. СПб: Профессия, 2012. 444 с.
8. Горячева А.Ф., Кузьминский Р.В. Сохранение свежести хлеба. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 240 с.

9. Паливода С.Д. Удосконалення технології макаронних та хлібних виробів використанням харчових добавок структуроутворювальної дії : автореф. дис... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів» / Паливода Світлана Дмитрівна. К., 2010. 21 с.

10. Сильчук Т.А. Удосконалення технології хлібобулочних виробів подовженого терміну зберігання: автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів» / Сильчук Тетяна Анатоліївна. К., 2004. 21 с.

11. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва / В. І. Дробот, Л. Ю. Арсеньєва, О. А. Білик та ін. К.: Центр навч. літератури, 2006. 341 с.

12. Влияние пищевых добавок на формы святы воды в макаронном тесте [Текст] / Е.В. Ширкунова, Г.И. Волощук, В.Г. Юрчак, В.В.Манк. Коллоидная химия и физико-химическая механика природных дисперсных систем: сборник трудов междунар. научн. конференции. Одесса: НПО «ВОТУМ», 1997. С. 30—35.

RESEARCH OF ORGANOLEPTIC PARAMETERS DURING LONG-TERM RIPENING OF MEAT

V. Pasichnyi, D. Garmash

National University of Food Technologies

N. Lobodina

Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petr Vasylenko

R. Kryvobik

College of processing and food industry of the KNTUZG named after Peter Vasylenko

Key words:

Beef

Autolysis

Enzymes

Ripening

Organoleptic parameters

Dry and wet maturation methods

Semi-finished products

Article history:

Received 04.03.2019

Received in revised form 27.03.2019

Accepted 12.04.2019

Corresponding author:

V. Pasichnyi

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

Long before purchasing steaks and semi-finished products from ripened beef was a problematic and expensive desire in Ukraine. But now the situation has changed. Process of maturing and the final product of such meat is the interest of both producers and consumers and it has grown.

The article presents the experience of national and foreign scientists, as well as our own which is done in the form of studies on changes in organoleptic parameters during beef ripening and the organoleptic evaluation of sliced semifinished products from ripe meat.

Beef meat ripening in “dry” and “wet (vacuum)” takes 4 weeks. As a result of the organoleptic evaluation, there was a slight difference between two methods of ripening.

We have also produced cut semi-finished products from ripe beef meat, namely Burger and Grilled sausages, which was followed by a study of organoleptic parameters. It has been proved that during long-term ripening simultaneously with increasing tenderness, the taste and aroma properties of beef meat have been improved, which allowed to use it for some types of semi-finished products.

Study of the maturation process of beef by dry and wet methods for the determination of the change in the organoleptic parameters of semi-finished meat products with different degree of autolysis confirmed the difference in the process of maturation. The organoleptic evaluation revealed a significant reduction in the stiffness of the meat during the first two weeks of maturation, with further increase in the duration of ripening changes were minor. The meat that matured dryly has a higher rigidity than meat packed in vacuum bags. It is confirmed that when ensuring proper sanitary conditions for beef maturation, it is possible to achieve high functional and technological and organoleptic parameters, which can be used as a standard for target fermentation with proteolytic enzyme preparations, to reduce the time of fermentation of raw materials for ground semi-finished meat products.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-23

ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИ ДОВГОТРИВАЛОМУ ДОЗРІВАННІ М'ЯСА ЯЛОВИЧИНИ

В.М. Пасічний, Д.В. Гармаш

Національний університет харчових технологій

Н.Е. Лободіна

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Р.А. Кривобік

Коледж переробної та харчової промисловості ХНТУСГ імені Петра Василенка

До недавнього часу купити стейки та напівфабрикати з дозрілого м'яса яловичина в Україні було проблематично. Однак зараз ситуація змінилася. Процес дозрівання та кінцевий продукт з такого м'яса цікавить як виробників, так і споживачів.

У статті проаналізовано вітчизняні і зарубіжні дослідження процесу дозрівання м'яса яловичина. Досліджено зміни органолептичних показників при дозріванні яловичини та проведено органолептичну оцінку січених напівфабрикатів з дозрілого м'яса.

М'ясо яловичина дозрівало «сухим» і «вологим (вакуумним)» способом протягом чотирьох тижнів. У результаті проведення органолептичної оцінки була помітна невелика різниця між двома способами дозрівання.

Проведено дослідження органолептичних показників січених напівфабрикатів з дозрілого м'яса яловичина — бургера та ковбаски гриль. Доведено, що при довготривалому дозріванні одночасно зі збільшенням ніжності поліпшуються смакові й ароматичні властивості м'яса яловичина, що дає змогу використовувати його для деяких видів напівфабрикатів.

Ключові слова: *яловичина, автоліз, ферменти, дозрівання, органолептичні показники, сухий і вологий способи дозрівання, січені напівфабрикати.*

Постановка проблеми. М'ясо яловичини відноситься до повноцінного за харчовою цінністю джерела тваринного білка, містить значну частку мікроелементів у доступній для засвоєння формі. Насамперед це стосується незамінних амінокислот, які життєво необхідні для людського організму. Крім цього, в яловичині містяться цинк і залізо, на що необхідно звертати увагу при ранговому оцінюванні якості харчових продуктів [1]. Цинк відповідає за відновлення гормонального балансу і підтримку високого рівня вітамінів. Залізо, у свою чергу, регулює обмінні процеси в організмі людини і допомагає впоратися зі стресом. Недостатня кількість цього елемента може призвести до залізодефіцитної анемії і захворювань серця. За рівнем збалансованості есенціальних речовин і їх доступності дії протеолітичних ферментів м'ясо яловичини вищого сорту в повній мірі відповідає дієтичному харчуванню і ефективно піддається технологічному впливу, що дає змогу впроваджувати ресурсозберігаючі технології виробництва напівфабрикатів [2; 3].

Враховуючи сортність знежированої яловичини, її якість буде залежати від вмісту сполучної тканини і здатності до ферментації, яка впливає на ефективність автолітичних змін на етапі дозрівання. В процесі цільової ферментації при використанні стандартизованих за протеолітичною активністю ензимів відбувається направлена модифікація функціонально-технологічних, реологічних і сенсорних показників м'ясного фабрикату. Традиційно для прискорення дозрівання всіх видів м'яса використовується фіцин, бромелайн і папаїн [4—6]. Однак при використанні тих протеаз необхідно контролювати глибину протеолізу, який може призводити до деструкції м'язових волокон, що є небажаним. Тому ці ферменти в кінці процесу ферментації потребують теплової інактивації [6].

Для визначення раціонального протеолітичного впливу ензимів на м'ясний напівфабрикат необхідно розробити органолептичний стандарт якості м'яса яловичини в процесі його витримки (дозрівання). Тому дослідження органолептичних показників м'яса яловичини довготривалого дозрівання є актуальним для визначення технологічних факторів, що будуть сприяти підвищенню якості процесу цільової ферментації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Доцільно зауважити, що саме після забою тварин змінюються важливі властивості м'яса — відбувається розпад прижиттєвих біологічних систем. Для парного м'яса властива щільна волога консистенція, відсутність яскраво вираженого м'ясного запаху і смаку. Бульйон із такого м'яса непрозорий зі слабким ароматом [7].

Далі починається процес посмертної залякlostі, яка для м'яса яловичина настає через 18—24 години після забою. М'ясо стає жорстким і на цьому етапі є непридатним для виробництва якісної продукції. Під час цього процесу відбувається вкорочення м'язів через вкорочення м'язових волокон. Вкорочення м'язів поступово зростає й досягає максимуму в момент максимального розвитку залякlostі.

Посмертна залякlostіть м'язів обумовлена розвитком складних біохімічних процесів, які відрізняються від прижиттєвих. Це переважно процеси розпаду високомолекулярних органічних сполук, а саме: розпад глікогену; розпад креатинфосфорної кислоти (КР) та адезинтрифосфорної кислоти (АТФ); асоціація актину і міозину в актоміозиновий комплекс; зміна гідратації м'язів. Деякі з цих процесів є безпосередньою причиною настання залякlostі, інші мають на нього опосередкований вплив [8].

На початкових стадіях автолізу м'яса найбільш активними виявляються ферменти гліколітичної системи, альфа амілаза, альфа олігоглюкозидози, міозинової АТФ, активний ряд оксидоредуктаз. Накопичення продуктів автолізу небілкової природи і підкислення викликає розпад ліпопротеїнових оболонок м'язової тканини, вивільнення катепсинів, ферменту, кислої фосфатази, рибонуклеази, дезоксирибонуклеази та інших гідролітичних ферментів, і їх активацію. Майже всі ці ферменти найбільш ефективні в слабокислому середовищі, тому відомі під загальною назвою кислих гідролаз.

Активними є і ферменти мітохондрій. У міру руйнування в процесі автолізу цієї органели і виходу ферментів (аміноферази і декарбоксилази цілої низки амінокислот) збільшується їх активність.

Однак надалі в результаті накопичення продуктів автолізу, вивільнення і перерозподілу аніонів та катіонів і взаємодії їх з ферментами відбувається зниження активності багатьох ензимів. Крім того, для багатьох ферментів (міозинової АТФ-аза), втрата активності може бути викликана протеолітичною деструкцією самого ферменту.

Розпад глікогену проходить шляхом фосфорилювання з участю АТФ. Анаеробні процеси розпаду глікогену, накопичення молочної кислоти та зниження величини рН з 7,0 до 5,7—5,8 в основному закінчуються в м'ясі через 24 години зберігання при температурі 4°C. рН м'язової тканини наближується до ізоелектричної точки білків м'язового волокна. Зсув реакції середовища в кислу сторону здійснює гальмівну дію на розвиток гнилісних мікроорганізмів.

Наявність молочної кислоти і величина рН є важливими показниками, які характеризують якість м'яса та визначають найважливіші його якості — стійкість при зберіганні та ряд фізико-хімічних показників, які обумовлюють технологічні й споживчі якості м'яса. При зниженні величини рН також створюються більш сприятливі умови для дії м'язових катепсинів, які беруть участь у розвитку подальшого процесу дозрівання [9].

Значне зниження жорсткості м'яса при низьких позитивних температурах досягається між 48—72 год після забою. При розпаді актоміозину збільшується число гідрофільних центрів міофібрилярних білків, що зумовлює зростання вологоутримуючої здатності м'язової тканини. Після 6 днів витримування вона досягає 85—87% вологоутримуючої здатності парного м'яса і надалі не змінюється [8].

Подальше розм'якшення м'язової тканини під час дозрівання обумовлене руйнуванням структурних елементів м'язового волокна під впливом протеолітичних ферментів. Зміни білкових речовин, смакових та ароматичних властивостей м'яса роблять його більш доступним для дії травних ферментів. Тож м'ясо під час процесу дозрівання має більш високу харчову цінність, ніж те, що знаходиться у стані заляккості.

Кожна з властивостей м'яса досягає оптимальності в різні терміни, тому в практиці для різних напрямків використання м'яса рекомендуються різні терміни дозрівання.

У літературі наводяться досить суперечливі дані про оптимальні терміни дозрівання м'яса великої рогатої худоби. При цьому на ефективність цих процесів впливають як прижиттєві, так і технологічні чинники [10].

Дослідники вивчали зміни органолептичних показників у процесі дозрівання м'яса [5; 6; 10; 11]. За даними різних авторів, абсолютні величини змін органолептичних і технологічних показників варіативно залежить від цілого ряду чинників, в тому числі і якісного складу білків м'яса [10; 12].

Дані залежності величини показника ніжності м'яса від тривалості процесу дозрівання вказують, що до 17 доби дозрівання при 8—10°C ніжність м'яса безперервно збільшується. Між 17 и 24 добою не відбувається помітних змін у величині досліджуваного показника, а між 24 и 31 добою спостерігається нове збільшення ніжності [13]. Вже на четверту добу спостерігається значне покращення консистенції м'яса. Воно досягає свого максимуму на шосту добу. Уже на четверту добу м'ясо стає ароматним і смачним, а бульйон — насиченим і

концентрованим. Ще більш інтенсивніше вказані процеси відбуваються, коли дозрівання проводиться при температурі 16—18°C.

Проаналізовані дані [13] дають змогу зробити висновок, що стан заляк-лості може бути виявлений через дві доби зберігання м'яса при температурі 0°C і при 8—10°C чи через добу — при температурі 16—18°C. М'ясо, яке зберігалось 6 діб при температурі 8—10°C, або м'ясо, яке зберігалось 4 доби при температурі 16—18°C, наближене за своїми органолептичними харак-теристиками до м'яса, яке зберігалось 2 тижні при температурі 0°C.

Процес дозрівання м'яса при низьких позитивних температурах вкрай дов-готривалий. Тривала витримка м'яса під час дозрівання при низьких позитив-них температурах — дорога технологічна операція, економічно маловигідна (спеціальне обладнання та холодильні площі, високий відсоток усихання, необхідна зачистка) [8].

В Інституті тваринництва (IDELE, Франція) були проведені дослідження для встановлення оптимального терміну дозрівання м'яса яловичина, які забезпечують найбільш прийнятну для споживачів ніжність м'яса [14]. Для оцінки зразки м'яса зберігали протягом 3, 7, 14 або 21 днів при температурі 1—2°C. В дослідженні брали участь 360 споживачів. Визначено, що через 3 дні дозрівання ніжність м'язів була прийнятною лише для 50—60% споживачів. Через 7 днів — ніжність була прийнятною для двох третин споживачів, через 14 — м'ясо оцінили достатньо ніжним до 70—80% респондентів. Період дозрівання в 21 добу задовольнив 80% споживачів за показником якості.

Також ніжність м'яса при дозріванні досліджувалась і впродовж інших термінів — на 3, 21, 60 та 90 добу. Дозрівання м'яса характеризувалось фазою швидкого збільшення ніжності до 21-го дня, після чого — фазою помірною збільшення до 60-го дня. І на кінець, з 60 по 90 день дозрівання значне покращення ніжності не спостерігалось, при цьому дегустаторами відмічене погіршення смаку та зміни кольору жиру.

Мета дослідження: вивчення процесу дозрівання м'яса яловичина сухим і вологим способами для ранжування зміни органолептичних показників січе-них напівфабрикатів з м'яса з різним ступенем автолізу.

Матеріали і методи. Проведені дослідження органолептичних показників і водневого показника (рН) яловичого м'яса, яке дозрівало сухим та вологим (вакуумним)» [15] способом протягом 4 тижнів. При традиційному сухому дозріванні шматок м'яса зберігався в неупакованому вигляді в холодильній камері при температурі $1\pm 1^\circ\text{C}$. Початкове значення рН м'ясного фабрикату — 6,01 (рис. 1).



Рис. 1. М'ясний напівфабрикат для дозрівання сухим способом

Для вакуумного дозрівання шматок м'яса запакували в полімерний кисне-непроникний пакет (рис. 2).



Рис. 2. М'ясний напівфабрикат для дозрівання мокрим способом

Початкове значення рН м'ясного фабрикату, запакованого під вакуумом, також 6,01.

Дослідні зразки зберігали протягом 28 днів без доступу світла, щоб запобігти активації небажаних змін жиру.

Результати і обговорення. В результаті проведення досліджень після 28 днів зберігання потенціометричним способом був вимірний водневий показник, який склав 5,63 для м'яса сухого способу дозрівання та 5,64 для м'яса вологого способу дозрівання. Такі значення рН м'яса свідчать про правильний процес дозрівання (рис 3).



Рис. 3. Показники рН м'ясних напівфабрикатів з яловичини на 28 добу

У кінці процесу зберігання зразки напівфабрикатів мали вигляд, представлений на рис. 4.

Проведена органолептична оцінка виявила значне зниження жорсткості м'яса перших двох тижнів дозрівання, при подальшому збільшенні тривалості дозрівання зміни були незначними. При цьому м'ясо, що дозрівало сухим способом, мало більш високий показник жорсткості, ніж м'ясо, запаковане у вакуумні пакети.

Колір м'ясного яловичого напівфабрикату при сухому способі дозрівання був яскравіший, ніж під час дозрівання м'яса у вакуумних пакетах. Причому тривалість дозрівання на цей показник не впливала.



Рис. 4. Візуальне представлення напівфабрикатів з різним типом дозрівання

Аромат і соковитість м'яса не залежали від способу і тривалості дозрівання. Що стосується смаку м'яса, то в цьому випадку перевагу мав сухий спосіб дозрівання, оскільки при дозріванні у вакуумних пакетах, завдяки розвитку молочно-кислих бактерій, м'ясо набуло кислуватого присмаку.

Вироблені з використанням дозрілого м'яса сирі січені напівфабрикати — бургер та ковбаски гриль, мали високі функціонально-технологічні показники (рис. 5).



Рис. 5. Сирі напівфабрикати з дозрілого м'яса

Після смаження і бургер, і Ковбаски гриль мали високі органолептичні показники, які не за лежали від способу дозрівання (рис. 6).



Рис. 6. Візуалізовані зразки смажених напівфабрикатів

Смажені напівфабрикати отримали відмінні органолептичні показники, були ніжними та соковитими, з вираженим приємним запахом, який мав виразну відповідність м'ясному фабрику.

Таким чином підтверджено, що при забезпеченні належних санітарних умов дозрівання яловичини можливе досягнення високих функціонально-технологічних і органолептичних показників, які можуть бути використані як еталон для проведення цільової ферментації протеолітичними ферментними препаратами для скорочення часу ферментації сировини для січених напівфабрикатів.

Висновок

У ході досліджень визначено характеристики яловичого м'яса при довготривалому дозріванні до 28 діб, що дає змогу використовувати ці характеристики для еталонного оцінювання рівня його ферментації.

Подальші дослідження передбачають оцінку ефективності ферментації протеазами рослинного і мікробіологічного походження на відповідність цільовій ферментації м'ясної сировини та визначення її впливу на біологічну цінність м'ясних напівфабрикатів.

Література

1. Пасичний В.Н. Проблема белка или проблема качества пищи. *Мясной бизнес*. 2004. № 2. Ч. 1. С. 12—18.
2. York Richard. (2011). The Meat Crisis: Developing more Sustainable Production and Consumption. *Journal of Peasant Studies*. J PEASANT STUD. 38. 660—663. 10.1080/03066150.2011.583814.
3. Пасичний В. М. Перспективні напрямки виробництва м'ясних та м'ясо-рослинних напівфабрикатів. *М'ясна справа*. 2008. № 1. С. 10—13.
4. Baldassini Welder Angelo, et al. Bioanalytical methods for the metalloproteomics study of bovine longissimus thoracis muscle tissue with different grades of meat tenderness in the Nellore breed (*Bos indicus*). *Food chemistry*, 2015, 169: 65—72.
5. БЕКНІТ, Alaa A., et al. Exogenous proteases for meat tenderization. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2014, 54.8: 1012—1031.
6. PURSLOW, Peter P. New developments on the role of intramuscular connective tissue in meat toughness. *Annual review of food science and technology*, 2014, 5: 133—153.
7. Zhu X., Kaur L., Staincliffe M., Boland M. Thermal inactivation of actinidin as affected by meat matrix. *Meat science*. 2018. 145. P. 238—244.
8. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: Підруч. / М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза, Г. І. Гончаров; За ред. М.М. Клименка. К. : Вища освіта, 2006. 640 с.
9. Янчева М.О. Пешук Л.В., Дроменко О.Б. Фізико-хімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів: навч. пос. К.: Центр учбової літератури, 2009. 304 с.
10. Пасичний В.М. Теорія варіаційного моделювання якості м'ясних та м'ясомістких продуктів: дис. д-ра. техн. наук: 05.18.04 / НУХТ. К., 2013. 327 с.
11. Ukrainets A., Pasichnyi V., Shvedyuk D., & Matsuk, Y. (2017). Investigation of proteolysis ability of functional destined minced half-finished meat products. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 19(75), 129—133. doi: 10.15421/nvlvet7526.
12. Шведюк Д.А., Пасичний В.М. Використання цільової ферментації у технології м'ясомістких продуктів подовженого терміну зберігання. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. зб. наук. пр. Харків: НТУ «ХПІ», 2018. № 16(1292). С. 184—190. DOI: 10.20998/2413-4295.2018.16.27
13. National academies of sciences, engineering, and medicine, et al. Nutrient requirements of beef cattle. National Academies Press, 2016. URL: https://www.nap.edu/resource/19014/19014_summary.pdf
14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/sovremennye-tendentsii-v-issledovaniyah-protse-ssa-sozrevaniya-govyadiny>
15. Pasichnyi V., Khrapachov O. & Marynin A. (2016). Use of modified atmosphere and vacuuming for packing and storage of cooled meat and its semi-products. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 18(2(68)), 68—72. <https://doi.org/10.15421/nvlvet6813>

EDIBLE UTENSILS IS CARING ABOUT THE ENVIRONMENT FUTURE OF THE PLANET

A. Robotko, A. Chorna, A. Shulga

National University of Food Technologies

Key words:

*Polymeric materials
Edible utensils
Classification
Technology
Biological decomposition*

Article history:

Received 12.03.2019
Received in revised form
02.04.2019
Accepted 11.04.2019

Corresponding author:

A. Robotko

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

Edible utensils made from food raw materials can be used with a drink or a dish. Creating edible utensils is not a new idea, but it is produced in small quantities at a high cost. In recent years, the idea of a safe and the edible plastic alternative has become a promising research area. The production of such utensils for food products is much more environmentally friendly than the existing polymer packaging because the raw materials for such utensils are organic natural ingredients, not plastic. And even if after using these utensils are thrown away, it will not stain the environment but will become a breeding ground for microorganisms. The European Commission has already approved a ban on the production of disposable utensils from polymeric materials. In Ukraine, it is also urging to reduce the use of plastic utensils.

The purpose of the research is to analyze the problem of the accumulation of polymeric materials and ways to solve it. The objects of research were selected from the most common types of edible utensils.

The article discusses the modern range and manufacturers of edible utensils. The main raw materials used for the manufacture of edible utensils have been analyzed. Promising raw materials for the manufacture of edible utensils are natural polymers of different origin: starch, agar-agar, casein, etc. The relevance and the prospect of replacing synthetic polymeric materials with biodegradable edible utensils are scientifically grounded. The composition of edible tableware and equipment for its production is characterized. Based on the analysis of literary sources, the classification of edible utensils is formed depending on the raw materials, the method of production, functional properties, size and purpose. Manufacturing techniques of edible dishes have been systematized, depending on the raw materials. The main requirements for the quality of edible utensils are considered.

ЇСТІВНИЙ ПОСУД — ПІКЛУВАННЯ ПРО ЕКОЛОГІЧНЕ МАЙБУТНЄ ПЛАНЕТИ

А.Ю. Роботько, А.І. Чорна, О.С. Шульга

Національний університет харчових технологій

Їстівний посуд, виготовлений з харчової сировини, можна вживати разом з напоєм або стравою. Створення їстівного посуду не нова ідея, але він виготовляється у невеликій кількості та має високу вартість. В останні роки саме ідея безпечної і, до того ж, їстівної альтернативи пластику є перспективним напрямом дослідження. Виробництво їстівного посуду для харчових продуктів більш екологічне, ніж існуюча полімерна упаковка, оскільки сировиною для такого посуду є органічні натуральні компоненти, а не пластик. І навіть якщо після вживання їжі цей посуд буде викинутий, він не забруднить навколишнє середовище, а стане поживним середовищем для мікроорганізмів. Європейська комісія вже схвалила заборону виробництва одноразового посуду з полімерних матеріалів. В Україні також закликають зменшити користування пластиковим посудом.

Метою дослідження є аналіз проблеми накопичення полімерних матеріалів та шляхи її вирішення. Об'єктами дослідження обрано найрозповсюдженіші види їстівного посуду.

У статті розглянуто сучасний асортимент їстівного посуду. Проаналізовано основну сировину, що використовується для виготовлення їстівного посуду. Перспективною сировиною для виготовлення їстівного посуду є природні полімери різного походження: крохмаль, агар-агар, казеїн тощо. Науково обґрунтовано актуальність і перспективу заміни синтетичних полімерних матеріалів на біорозкладний їстівний посуд. Охарактеризовано склад їстівного посуду й обладнання для його виготовлення. На основі аналізу літературних джерел сформовано класифікацію їстівного посуду залежно від сировини, способу виготовлення, функціональних властивостей, розміру та призначення. Систематизовано технології виготовлення їстівного посуду залежно від сировини. Розглянуто основні вимоги до якості їстівного посуду.

Ключові слова: полімерні матеріали, їстівний посуд, класифікація, технологія, біологічне розкладання.

Постановка проблеми. Їстівний посуд — це вироби, виготовлені з харчової сировини, які можна вживати разом з напоєм або стравою. Розробленням такого посуду займаються провідні науковці розвинених країн світу, оскільки на сьогодні наша планета страждає від мільярдів тонн пластику (більше 80% усього сміття в світовому океані), який розкладається роками. Вчені встановили, що на нині на Землі знаходиться 6,3 млрд тонн пластикового сміття, кількість якого подвоїться до середини століття. Запропонована заміна — це шлях до зменшення екологічного навантаження на довкілля [1].

Європейська комісія схвалила заборону одноразових виробів з полімерних матеріалів, зокрема одноразового посуду, столових приладів, трубочок-соломинок для напоїв, ватних паличок і пластикових кріплень для повітряних кульок. Їх замінять на більш екологічно альтернативні варіанти, наприклад, паперові соломинки, водяні контейнери, чашки та ложки з печива. Використання одноразових пластикових пакетів і упаковок, які пропонують супермаркети, також планується істотно обмежити, що призведе до зниження викидів вуглекислого газу в атмосферу на 3,4 млн тонн. Крім того, пропозиції сприятимуть збереженню довкілля, адже обсяг шкоди до 2030 року може скласти 22 млрд євро (за рахунок зменшення засмічених площ, витрат на фільтри) [2].

Використання їстівного посуду, на відміну від синтетичного, покращить екологічну ситуацію у світі, оскільки заміна 1% разового посуду збереже понад 2 млн м² лісових насаджень, дасть змогу уникнути забруднення понад 10 млрд м³ води, а найголовніше — зникне понад 10 млн кг сміття, яке потрібно переробляти.

Паралельно з розробленням і впровадженням їстівного посуду набуває популярності «природний бренд», оскільки замість наклеювання марки її тепер наносять лазером на шкірку фруктів та овочів, що немає шкідливого впливу на продукти. Компанії Rewe і Penny провели випробування лазерної техніки, призначеної для нанесення тексту і зображень безпосередньо на продукти (першими такими продуктами стали авокадо та батат). Прогнозують [3], що вже в 2020 році «біопластики» стануть конкурентоспроможною альтернативою нафтовим пластикам, які виробляються з органічних матеріалів (кукурудза, пшениця, цукрові буряки та навіть томати) та після утилізації стають добривом.

Метою статті є аналіз проблеми накопичення полімерних матеріалів, встановлення доцільності заміни синтетичного разового посуду на їстівний, оскільки посуд з харчової сировини екологічний і простий у виробництві, та формування класифікації їстівного посуду.

Викладення основних результатів дослідження. Найбільш поширеною сировиною для виготовлення їстівного посуду є: водорості та речовини, отримані з них (агар) [4, 5], зернові культури (рис, пшениця, ячмінь, сорго) [6], грибовий міцелій [7], картопляний крохмаль [8], молочний протеїн (казеїн) [9] тощо. Відомі розроблені рецептури виготовлення столових наборів, починаючи з серветки і закінчуючи тарілкою для супу, з борошна, цукру, солі, яєць та молока [10—12].

На основі аналізу літературних даних ми розробили класифікацію їстівного посуду, яка наведена на рис. 1.

Одним з перших ініціаторів виробництва їстівного посуду є доктор Девід Едвардс з університету Гарварда (США). Він запропонував створити WikiCells (вікіклітини) — це тонка мембрана з натуральних продуктів, що містить рідини, емульсії, піни або тверді речовини. WikiCells має таку структуру: поверхневий шар (захисний), який складається з біологічно розкладального полімеру, за яким йде їстівна оболонка, всередині неї розміщується продукт. Аналог планується створити і для ресторанів та супермаркетів [13].

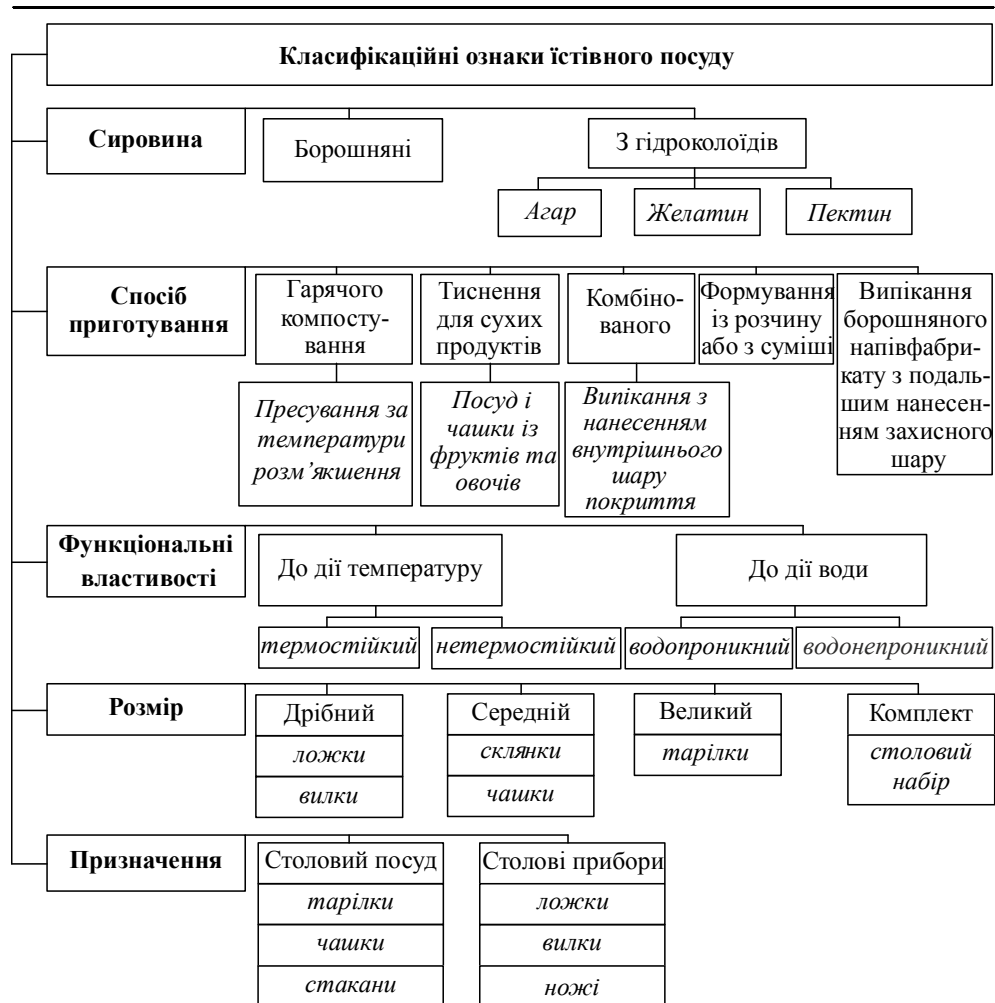


Рис. 1. Класифікація їстівного посуду

Ecovative Design (Нью-Йорк, США) — це компанія з виробництва екологічної упаковки з грибкового міцелію та матеріалів, що залишилися після збирання зерна (кукурудзяні стебла). Така упаковка безпечна та повністю розкладається через 90 діб [7].

Loliware (Нью-Йорк, США) — це перша одноразова їстівна термостабільна чашка, що гарантує безпечне вживання різноманітних напоїв, коктейлів і десертів, незалежно від температури. Скуштувавши напій, чашку можна з'їсти, в іншому випадку вона легко розкладається через 60 діб. Магазин Loliware пропонує декілька різновидів чашок, які є на 100% біологічними. Основною сировиною для виробництва чашки є агар-агар, органічний тапіоковий сироп (отримують екстрагуванням маніюки), органічний цукор, вода та гарбузовий концентрат для кольору. Упаковка з 9 чашок коштує 16 дол. США [5]. Lolistraw — це перша у світі їстівна, швидко компостувальна трубочка для

напоїв на основі водоростей. У разі потрапляння в море розкладається без токсинів. Ціна за 10 трубочок складає 50 дол. США [5].

Мережа ресторанів Alfred Coffee & Kitchen у Лос-Анджелесі (США) виготовляє стаканчики для кави з вафлі, краї якої вкриті молочним шоколадом, що нагадує ріжок для морозива, об'ємом 120 см³. Вартість такої закуски до кави — 5 дол. США. Схожою ідеєю зацікавилася і мережа громадського харчування KFC. Стаканчик «Scoffee Cup», виготовлений зі спеціального печива, а всередині покритий шаром білого шоколаду з підвищеною термостійкістю. Зовні стаканчик покритий цукровим сиропом, який нанесений у вигляді логотипу компанії. Тож стаканчик абсолютно придатний для того, щоб налити в нього порцію кави. Шоколад підсолоджує напій і запобігає витіканню [10].

Дизайнер з Венесуели (Південна Америка) Enrique Luis Sardi у співпраці з італійською компанією Lavazza в 2003 році розробив екочашку для кави. Чашка зроблена з тіста, вкритого спеціальною цукровою пудрою, яка є ізолятором і робить чашку водонепроникною. Печиво у вигляді ложки для кави достатньо щільне для того, щоб витримати розмішування гарячих напоїв. Ложки та чашки з печива продаються в наборі по 6 шт. [11].

Розроблено водяні пакети (контейнери) Ooho (Skipping Rocks Lab, Велика Британія), що виготовляються з морських водоростей для закуски. Такі пакети можуть бути ароматизованими та кольоровими. Вони є більш дешевими порівняно з полімерними та біологічно розкладаються через 4—6 тижнів [4].

Фірма Butt Foods (Велика Британія) призначає клієнтів закладів ресторанного харчування гарячими стравами, які подаються в хлібі, випеченому в спеціальній духовій шафі. Хлібну тарілку можна розігріти в мікрохвильовій печі [10].

Компанія McDonald's з 2019 року почне впровадження паперових соломинок на заміну пластиковим, оскільки лише у Великій Британії на день використовується 1,8 млн соломинок. Це вплине на 3661 ресторанів McDonald's у Великій Британії, але не на решту 36 000 ресторанів по всьому світу [14].

Do Eat (Бельгія) — це компанія, що випускає харчові продукти в їстівній упаковці, яка виготовляється з картопляного крохмалю та води. Упаковка не містить глютену, жирів, цукрів та інших добавок, які не підходять для вегетаріанців. Рекомендується зберігати продукти в контейнерах не більше двох годин. Їстівні контейнери необхідно запікати, смажити та нагрівати у мікрохвильовій печі, щоб досягти чіткої текстури продукту. Вони мають нейтральний аромат і тому можуть використовуватися як для солодких, так і для солоних страв, але не підходять для рідких. Їстівні контейнери можна зберігати 6 місяців. Вироби Do Eat швидко розкладаються й утилізуються в доквіллі як компост. Упаковка з 25 шт. обійдеться покупцям приблизно в 10 євро [8].

У Польщі існує повний столовий набір Bioterm — біологічно розкладний посуд, виготовлений з чистих пшеничних висівків, який виробляється в сучасному екологічному виробництві ЄС. Столові прибори виготовлені з суміші біорозкладальних пластмас і пшеничних висівків, мають низький вміст вугле-

цю (від 1,3 до 1,6 г/кг), розкладаються в навколишньому середовищі через 30 діб. Пластини не згинаються, як папір або пластик, і стійкі до нагрівання в мікрохвильовій печі та духовці до 200°C, також можуть бути заморожені. Гарячі страви в посуді можуть перебувати не довше 30 хв. Такі набори доступні у роздрібній упаковці по 10 шт. та по 100 шт. [6].

Дизайнер з Іспанії Андере Монье урізноманітнив зовнішній вигляд і текстуру їстівного посуду за рахунок насіння різних рослин. Це зробило посуд більш привабливим на вигляд та дало змогу змінювати його текстуру і запах [10].

В Японії розроблено їстівний посуд з галет, які виготовлені з рисового борошна, солі та води для закладів громадського харчування [10].

У Словаччині подружжя українців у закладах ресторанного харчування подають корисні крем-супи у їстівних стаканчиках. Суп коштує від 2,30 до 3,10 євро. Усі супи — кремкові, і споживаються без ложечки одразу із запечених стаканчиків. Використовується спеціальна піч, що випікає одразу два стаканчики за 3—5 хв. Строк придатності такого супу — 3 год [12].

В Італії (м. Флоренція) до гарячих напоїв пропонується шоколадна ложка [15], а в Україні в ресторанах прийнято подавати український борщ у хлібі [16].

Учені з Німеччини розробили розчинні молочні контейнери на заміну пластмасовим контейнерам з вершками для кави. Контейнери є двох смаків (солодкі та слабо підсолоджені), вони схожі на цукрові кубики, які наповнені питним або згущеним молоком. Поетапну схему формування молочних контейнерів наведено на рис. 2. Кристалічна плівка утворює таку упаковку навколо капсул, яка легко розчиняється в гарячій рідині. Сахароза і еритрит розглядаються як відповідні речовини для інкапсуляції питного і згущеного молока. Щодо процесу кристалізації, молочні капсули утворюються за рахунок кристалізації насиченого та згущеного молока. Для цього прес-форми наповнюють насиченим розчином молока (в якому міститься сахароза або підсолоджувач — еритрит, як альтернативна речовина для інкапсуляції). Спеціальне охолодження призводить до утворення твердих і стабільних кристалічних шарів [17].

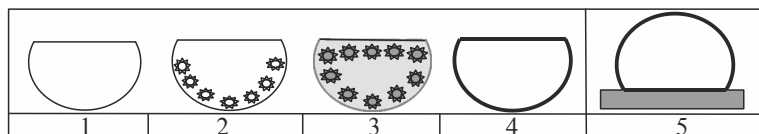


Рис. 2. Схема утворення молочних стручків: 1 — порожня форма; 2 — об'ємна форма; 3 — перенасичений розчин; 4 — охоложене молоко; 5 — капсула, що містить молоко

Технологія виготовлення борошняного їстівного посуду передбачає певну послідовність етапів (рис. 3).

Сировиною може бути пшеничне або рисове борошно, яке в процесі оброблення формується та випікається. Пресування і сушка можуть стати способами обробки не тільки борошняних виробів, а й овочевих.

Стакани для холодних напоїв, як правило, виготовляються з гідроколоїдів, що дає змогу отримувати прозорі вироби, які зовнішньо схожі на склянки. Технологія виготовлення таких виробів передбачає етапи, які наведено на рис. 4.



Рис. 3. Принципова схема виробництва борошняного їстівного посуду

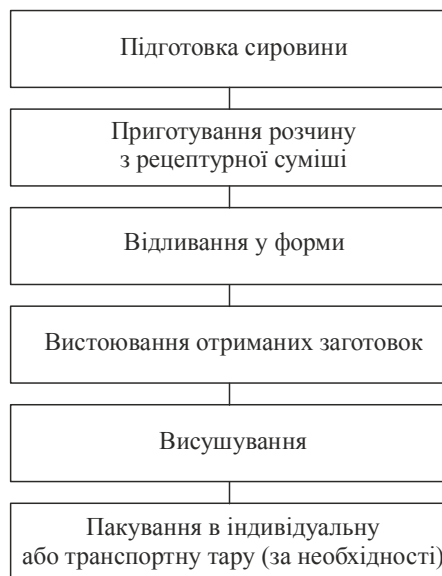


Рис. 4. Принципова технологічна схема виробництва їстівного посуду з гідроколоїдів

Складність активного впровадження їстівного посуду у виробництва та заклади масового харчування полягає в тому, що їх виготовлення передбачає використання спеціального обладнання, яке для більшості виробів необхідно виготовляти на замовлення, отже, потребує значних капіталовкладень. З метою скорочення кількості обладнання сушіння можна здійснювати в приміщенні виробничого цеху.

Більшість такого виду продукції виготовляється в місцях їх реалізації (кафе, ресторани, заклади громадського харчування). Підприємства, що працюють в інших країнах, мають ексклюзивне обладнання, де витримується потрібна температура та тиск, для виготовлення їстівного посуду. У разі виробництва в закладах громадського харчування з обладнання необхідно мати плиту, мікрохвильову піч (для перевірки на стійкість) та електричну піч (для випікання тарілок, чашок). Для надання посуду певної форми потрібно закупити формувальний апарат або різноманітні формочки. Посуд певний час

повинен бути стійким до вмісту в ньому рідини та нагрівання (в разі необхідності).

Якість виробленого посуду повинна відповідати основним вимогам: придатність до споживання; зручність у використанні; стійкість до певних температур і невеликим фізичним впливам (переміщення, натискання); вироби не повинні деформуватися в процесі транспортування [18—20].

Висновки

У результаті аналізу встановлено, що їстівний посуд є необхідною альтернативою заміни синтетичних полімерних матеріалів. Аналіз і узагальнення результатів опрацьованих літературних джерел дає змогу визначити перспективи подальшого дослідження та розроблення різновиду такого посуду. Перспективною сировиною для виготовлення їстівного посуду є крохмаль, желатин, агар-агар та інші гідроколоїди.

Література

1. Laville Sandra, Taylor Matthew Nearly 1m tonnes every year: supermarkets shamed for plastic packaging// The Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2018/jan/17/nearly-1m-tonnes-every-year-supermarkets-shamed-for-plastic-packaging> (дата звернення: 15.10.2018).
2. Єврокомісія схвалила заборону одноразового пластикового посуду// Дзеркало тижня, Україна: інформ.-аналіт. URL: https://dt.ua/WORLD/yevrokomisiya-shvalila-zaboronu-odnorazovogo-plastikovogo-posudu-279032_.html (дата звернення: 12.12.2018).
3. Guedim Zayan Bioplastics, Biopolymers from Agricultural Waste Will be Industry Standard by 2020// Edgy Lab. URL: <https://edgylabs.com/bioplastics-biopolymers-agricultural-waste-industry-standard-2020> (дата звернення: 12.12.2018).
4. Ooho! Water you can eat// Skipping Rocks Lab. URL: <http://www.skippingrocks-lab.com/ooho!.html> (дата звернення: 08.10.2018).
5. About LOLIWARE // Loliware . URL: <https://www.loliware.com/pages/about-us> (дата звернення: 08.10.2018).
6. Bioterm — Biodegradable Tableware// Ecolotec. URL: <https://www.ecolotec.com/bioterm/index.html> (дата звернення: 10.10.2018).
7. John N. Littering with Mushroom Packaging Helps the Environment// Edgy Lab. URL: <https://edgylabs.com/littering-mushroom-packaging-helps-environment> (дата звернення: 25.10.2018).
8. Do Eat — Packaging You Can Eat// Ecolotec. URL: <https://www.ecolotec.com/do-eat/home-use.html> (дата звернення: 25.10.2018).
9. Horowitz Kate This Edible Packaging Is Made From Milk Protein// Mental Floss. URL: <http://mentalfloss.com/article/84958/edible-packaging-made-milk-protein> (дата звернення: 15.11.2018).
10. Їстівний посуд на шляху до поліпшення екології// «Екологічна варта». URL: <https://agitbrigada-ekologichna-varta.webnode.com.ua/l/jistivna-posudna-shlyakhu-dopolishennya-ekologiji/> (дата звернення: 16.11.2018).
11. Їстівний посуд — це сучасно // Екологія життя. URL: <http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/st-vnii-posud-tse-suchasno> (дата звернення: 16.11.2018).
12. Серeda Вікторія Суп смачний, а посуд ще смачніший// СВІТУА. URL: <http://m.svitua.com.ua/#/n/5134> (дата звернення: 25.11.2018).
13. Uys Emile The WikiCell: Nature-inspired edible packaging// Design Indaba. URL: <http://www.designindaba.com/articles/creative-work/wikicell-nature-inspired-edible-packaging> (дата звернення: 13.11.2018).

14. Vaughan Adam McDonald's перейде на паперові соломинки до 2019 року // The Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/business/2018/jun/15/mcdonalds-to-switch-to-paper-straws-in-uk-after-customer-concern> (дата звернення: 13.11.2018).

15. Шоколад і кава Slitti// Slitti Cioccolato e Caffè. URL: <http://www.slitti.it/> (дата звернення: 25.11.2018).

16. Ярмко Олена Кращі ресторани української кухні: страви, що пахнуть Україною// IGO to World.com. URL: https://ua.igotoworld.com/ua/article/966_lu The Guardian вид. 17.01.2018chshie-restorany-ukrainskoy-kuhni.htm (дата звернення: 02.12.2018).

17. Wellner Martha, Ulrich Joachim Dissolving Milk Pods for Coffee // Wiley Online Library. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ceat.201600714> (дата звернення: 02.12.2018).

18. Виробництво і продаж істивного посуду// Як заробити гроші. URL: <http://jak-zarobytu.pp.ua/5948-virobnictvo-prodazh-yistivnoyi-posudu-vs-deyi-dlya-zarobtku.html> (дата звернення: 05.01.2018).

19. Як відкрити виробництво істивної посуду? URL: <http://toftrewitred.ru/stroyka/7399-jak-vidkriti-virobnictvo-istivnoi-posudu.html> (дата звернення: 05.01.2018).

20. Шульга О.С., Чорна А.І., Бойко М.І. Біодеградабельне істивне покриття для створення екологічного посуду. Key issues of education and sciences: development prospects for Ukraine and Poland: International multidisciplinary conference, 20—21 July. Vol. 3. 2018. P. 100—103.

IMPROVEMENT OF COOKIES' TECHNOLOGY ON THE BASIS OF OAT FLAKES FOR RESTAURANT ESTABLISHMENTS

O. Pavliuchenko, Y. Furmanova, O. Shapovalenko, S. Radkevych
National University of Food Technologies

Key words:

Cookies
Processed oats products
Oat flakes
Quality of products

Article history:

Received 10.03.2019
Received in revised form
25.03.2019
Accepted 17.04.2019

Corresponding author:

O. Pavliuchenko
E-mail:
5098@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the results of theoretical and experimental researches, on the basis of which the expediency of complete replacement of the wheat flour on oat flakes in cookies' preparation is confirmed.

During analytical studies it was found that due to high food and biological value processed oats products are widely used to enrich, improve quality of food products as well as to provide certain functional properties in a large number of food products for different segments of the population.

Processed oats products contain by 5...6 times more fat than wheat flour; somewhat larger protein content and fewer carbohydrates. A distinctive feature of oat products is the presence of β -glucans that make up the basis of hemicellulose of oat, about 85...92%. Oat products are significantly superior to wheat flour of the highest grade on the content of minerals.

The recipe composition of cookies with oat and almond flakes is proposed. Cookies were prepared using the following recipe ingredients: high quality wheat and oat flour, oat flakes (samples No. 1 and 2), white crystalline sugar, cinnamon, vanilla sugar, butter, chicken eggs, baking powder, and enriching cookies with protein, improving its flavoring properties, almond flakes were additionally added, which among the nut stuffs are most similar to oat flakes according to their size and structure.

The analysis of finished products quality shows that color of experimental samples with oat flakes was changed on light brown, their consistency improved, their structure became more porous, they became more crispy, had pleasant aroma and taste.

It has been found that a sample of cookies with a ratio of flakes 60:40, has the best quality indicators. This cookie is the most crispy and fragrant, has high protein and fat content and low levels of carbohydrates. It is characterized by a better digestibility of hydrocarbon component of cookie, because the amount of reducing sugars in the process of enzymatic hydrolysis of carbohydrates cookies for 90 minutes increases by 2.5 times compared to the control.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-25

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕЧИВА НА ОСНОВІ ВІВСЯНИХ ПЛАСТІВЦІВ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

О.С. Павлюченко, Ю.П. Фурманова, О.І. Шаповаленко, С.М. Радькевич
Національний університет харчових технологій

У статті представлено результати теоретичних та експериментальних досліджень, на основі яких доведено доцільність повної заміни рецептурного борошна печива на вівсяні пластівці.

В ході аналітичних досліджень встановлено, що продукти переробки вівса за рахунок високої харчової і біологічної цінності досить широко використовуються для збагачення, покращення якості та надання певних функціональних властивостей харчовій продукції для різних верств населення.

Продукти переробки вівса містять в 5...6 разів більше жиру, якщо порівняти з пшеничним борошном, і децю більший вміст білка та меншу кількість вуглеводів. Характерна особливість вівсяних продуктів — наявність близько 85...92% β -глюканів, які складають основу геміцелюлози вівса. Вівсяні продукти значно переважають пшеничне борошно вищого сорту за вмістом мінеральних речовин.

Наведено рецептурний склад печива з вівсяними та мигдальними пластівцями. Печиво готували, використовуючи такі рецептурні компоненти: борошно пшеничне вищого сорту та вівсяне, вівсяні пластівці (зразки № 1 та 2), цукор білий кристалічний, корицю, ванільний цукор, масло вершкове, яйця курячі харчові, розпушувач. Для збагачення печива білком, покращення його смакових властивостей додатково вносили мигдальні пластівці, які серед горіхової сировини мають найбільшу схожість із вівсяними пластівцями за крупністю і структурою.

Аналіз якості готових виробів показав, що в дослідних зразках з внесенням вівсяних пластівців спостерігається зміна кольору на світло-коричневий, покращується консистенція, стає більш пористою структура, з'являється хрусткість, приємний аромат і смак.

Встановлено, що печиво зі співвідношенням пластівців 40:60 найбільш хрустке, розсипчасте та ароматне, має підвищений вміст білка й жиру та знижений вміст вуглеводів. Для нього характерна краща засвоюваність вуглеводневої компоненти печива, адже кількість редуруючих цукрів у процесі ферментативного гідролізу вуглеводів печива протягом 90 хв зростає в 2,5 рази порівняно з контролем.

Ключові слова: *печиво, продукти переробки вівса, вівсяні пластівці, якість виробів.*

Постановка проблеми. Сучасний ринок ресторанного господарства характеризується високою конкуренцією та зростаючими потребами й вимогами споживачів, зокрема до асортименту та якості продукції. Незважаючи на спеціалізацію та широкий асортимент страв, у меншості закладів

ресторанного господарства переважають традиційні для українського споживача різноманітні борошняні страви та вироби. На продукцію з борошна, разом з борошняними кондитерськими виробами, залежно від спеціалізації закладу, припадає близько 25% [1].

Кондитерські вироби були і залишаються одними з найулюбленіших продуктів серед різних верств населення нашої країни. Так, за статистичними даними, Україна входить у десятку любителів солодощів у світі та споживає біля 15 кг кондитерських виробів на людину щорічно.

Вагому частку серед кондитерських виробів займає печиво різних видів. Його популярність пов'язана з широким асортиментом, високими споживчими властивостями, різноманітним смаковим властивостям і значно меншою вартістю, якщо порівняти з іншими борошняними кондитерськими виробами.

Основною сировиною для виробництва печива є цукор, яйця, масло, рослинні жири та борошно пшеничне. Ці рецептурні компоненти забезпечують його високу калорійність, яка в середньому становить 300... 400 ккал на 100 г печива, та невисоку харчову і біологічну цінність. Саме тому значна частина наукових праць присвячена розробці й удосконаленню технологій різних видів печива з використання у рецептурі компонентів з підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон, незамінних амінокислот, ненасичених жирних кислот тощо. Джерелом корисних компонентів можуть бути різні види вівсяних пластівців. Для Європи печиво на вівсяних пластівцях є традиційним. Воно не потребує складного приготування, проте є улюбленим серед споживачів [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вівсяні пластівці за рахунок високої харчової і біологічної цінності досить широко використовуються для збагачення, покращення якості та надання певних функціональних властивостей харчової продукції для різних верств населення.

Відомі наукові розробки, які вказують на доцільність внесення вівсяних пластівців до рецептури хліба, зокрема «Богатирського», який виготовляється з борошна з суцільно-змеленого зерна пшениці з додаванням 10% вівсяних пластівців. Автори стверджують, що для покращення пружно-еластичних характеристик тіста до його рецептури включено 1,5% сухої пшеничної клейковини (СПК) та 1,0% ферментативно-активного соєвого борошна [3]. Розроблено також білково-круп'яний хліб, до складу рецептури якого входить пшеничне борошно вищого сорту, 20% СПК і 20% вівсяних або гречаних пластівців [3], білково-вівсяний хліб [4].

Досить ефективним є використання вівсяних пластівців у виробництві молочних продуктів десертної групи, зокрема морозива. Г.Є. Поліщук та О.М. Рибак вказують на те, що внесення до складу морозива 2...4% подрібнених вівсяних пластівців дає змогу модифікувати рецептуру за рахунок зменшення вмісту стабілізатора й молочного білка, знизити собівартість продукту, покращити його фізико-хімічні характеристики [5].

Вівсяні пластівці дуже привабливі для використання в коржиках або печиві. При цьому особливу увагу слід приділяти консистенції пісочного тіста, оскільки вівсяні пластівці дуже повільно поглинають воду, і часто різні

партії мають явно виражені відмінності за цим показником. Розроблена рецептура вівсяного печива, в яку додатково був введений полісолодовий екстракт «Полісол» [6].

Останнім часом на ринку кондитерських виробів зростає попит, особливо серед молоді, на енергетичні батончики з використанням цільного зерна злаків, вівсяних пластівців, різних видів горіхів і сухофруктів. На батончики з цільного зерна з рослинно-молочними начинками розроблено і затверджено технічні умови ТУ У 10.7-2428021028-002:2012. Також розроблено рецептуру на батончик типу «Мюслі», який містить вівсяні пластівці [7].

Використання продуктів переробки вівса в харчовій продукції є актуальним, тому технології хлібобулочних і кондитерських виробів постійно удосконалюються [8].

Мета дослідження: визначення можливості повної заміни в рецептурі вівсяного печива борошна пшеничного в/с та вівсяного на вівсяні пластівці, дослідження їх впливу на хід технологічного процесу та якість печива.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — технологія вівсяного печива. Предметом дослідження обрано вівсяні пластівці різних номерів печиво з традиційною технологією і з повною заміною борошна пшеничного в/с та вівсяного на вівсяні пластівці, з додаванням мигдалевих пластівців. При проведенні лабораторних досліджень і випробувань використовували борошно пшеничне (ДСТУ 46.004-99), борошно вівсяне (ДСТУ 2900:2006), цукор білий кристалічний (ДСТУ 4623:2006), корицю (ГОСТ 29049-91), ванільний цукор (ДСТУ 1009:2005), яйця курячі харчові (ДСТУ 5028:2008), натрій двовуглекислий (ГОСТ 2156-76), вуглеамонійну сіль (ГОСТ 9325-79), вівсяні пластівці (ГОСТ 21149-93), масло солодко вершкове (ДСТУ 4445:2005), мигдалеві пластівці (ГОСТ 16830-71). Дослідження з визначення якості сировини і готових виробів проводили з використанням загальноприйнятих і спеціальних методів.

Викладення основних результатів дослідження. В Україні традиційно з вівса виробляють крупи неподрібнені, з яких при подальшій обробці виготовляють крупи плющені, пластівці «Геркулес» і «Пелюсткові». Також за спеціальною технологією (фірма «Бюлер») виготовляють пластівці «Екстра» трьох номерів і борошно з пропареної крупи, яке має назву «Толокно» [9].

Порівняльний аналіз хімічного складу й енергетичної цінності продуктів переробки вівса наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз хімічного складу продуктів переробки вівса [10]

Назва сировини	Вміст, г					
	Вміст вологи	Білки	Вуглеводи	Жири	Клітковина	Енергетична цінність, Ккал
Вівсяні пластівці «Геркулес»	12,0	12,3	61,8	6,2	1,3	352,2
Крупа вівсяна	12,0	12,3	59,5	6,1	2,8	342,1
Толокно	10,0	12,5	64,9	6,0	1,9	329,1
Борошно пшеничне в/с	14,0	10,3	69,9	1,1	0,1	363,6

Дані табл. 1 вказують на те, що продукти переробки вівса містять в 5...6 разів більше жиру порівняно з пшеничним борошном, дещо більший вміст білка та меншу кількість вуглеводів. Позитивним також є те, що всі продукти переробки вівса можуть бути використані для збагачення печива клітковиною, адже містять її майже втричі більше, якщо порівняти з пшеничним борошном.

Відмінна особливість вівсяних продуктів — наявність близько 85...92% β -глюканів, які складають основу геміцелюлози вівса. Водоутримувальна, емульгуюча та піноутворююча здатності пластівців широко використовуються для надання продуктам певних функціональних властивостей.

Продукти переробки вівса значно переважають пшеничне борошно вищого сорту за вмістом мінеральних речовин. В них міститься натрію 20...35, калію — 280...362, кальцію — 52...64, магнію — 110...129, фосфору — 328...350 та заліза — 3,6...3,9 мг/100г.

З літературних Інтернет-джерел та в результаті попередніх досліджень підтверджено можливість повної заміни борошна пшеничного в/с та вівсяного на вівсяні пластівці. Для приготування дослідних зразків вівсяного печива обрано вівсяні пластівці ТМ «Вюрценер» (зразок № 1 — крупні, зразок № 2 — дрібні) (рис. 1).

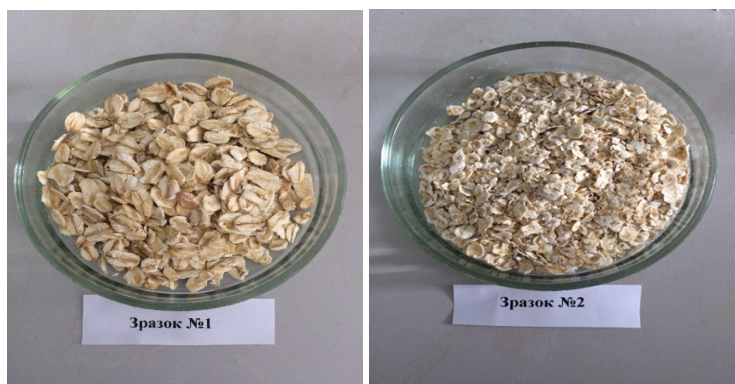


Рис. 1. Дослідні зразки вівсяних пластівців

Обрані зразки досліджували на відповідність вимогам, зазначеним у нормативній документації. Також визначали питомий об'єм і водопоглинальну здатність, які впливатимуть на хід технологічного процесу та якість готової продукції (табл. 2).

Таблиця 2. Показники якості вівсяних пластівців

Показники	Вимоги згідно ГОСТ 21149-93	Зразок № 1	Зразок № 2
Вологість (№1/№2), %, не більше ніж	12,5/12,0	8,5	9,5
Кислотність, град., не більше	5	2,8	3,0
Питомий об'єм, см ³ /г	—	2,6	2,4
Водопоглинальна здатність, г/г	—	3,7	4,6

Аналіз якості вівсяних виробів показав, що вологість дослідних зразків не перевищує вимог нормативної документації. Це є позитивним, адже підвищення на 12,0—12,5% сприяє збільшенню кількості вільної вологи, активізації ферментних процесів, створенню сприятливих умов для розвитку мікрофлори, що призводить до псування пластівців.

Кислотність вівсяних пластівців майже у два рази менша за встановлені норми, що вказує на їх свіжість і позитивно впливатиме на смакові властивості готової продукції.

Для зразка № 2 характерна більша поглинальна здатність, що пов'язано з меншим розміром і товщиною пластівців.

Більший питомий об'єм зразка № 1 позитивно впливатиме на збільшення об'єму готових виробів та, на нашу думку, сприятиме кращій хрусткості печива.

Для приготування дослідних зразків печива використовували такі рецептурні компоненти: борошно пшеничне вищого сорту та вівсяне, вівсяні пластівці (зразки № 1 та 2), цукор білий кристалічний, корицю, ванільний цукор, масло вершкове, яйця курячі харчові, розпушувач. Для збагачення печива білком, покращання його смакових властивостей додатково вносили 10 % мигдальних пластівців, які серед горіхової сировини мають найбільшу схожість з вівсяними пластівцями за крупністю і структурою.

Для визначення оптимального співвідношення компонентів у рецептурній суміші здійснювали повну заміну борошна на вівсяні пластівці № 1 та 2 у такому співвідношенні:

- зразок № 1 (контроль) — 100% борошно пшеничне в/с та вівсяне;
- зразок № 2 — 50:50, пластівці № 1 і пластівці № 2;
- зразок № 3 — 40:60, пластівці № 1 і пластівці № 2.

Дослідні зразки готували за традиційною технологією, яка передбачає такі етапи:

1. *Підготовка сировини.* Здійснювали відповідно до вимог нормативної документації.

2. *Замішування тіста.* На цій стадії оброблені яйця з'єднували з цукром і збивали до утворення пишної однорідної маси. Додавали розпушувач, ванільний цукор, попередньо підготовлене натерте масло, суміш вівсяних та мигдальних пластівців і перемішували в тістомісильній машині протягом 5...7 хв до отримання відповідної консистенції.

3. *Формування напівфабрикату.* Печиво формували вручну у вигляді кульок, які в подальшому приплюскували. Характеристика готових тістових заготовок: діаметр — близько 5 см, висота — не більше 1,2 см, маса — 28 г.

4. *Випікання виробів.* Здійснювали протягом 12...15 хв при температурі 180°C.

5. *Оформлення виробів.* Після випікання вироби охолоджували та оформлювали.

Для цього можна використати цукрову пудру, свіжі ягоди та листя м'яти.

Дослідження показників якості отриманих зразків здійснювали за ДСТУ 3781:2014, який визначає характеристики печива за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними показниками, а також встановлює вимоги щодо безпеки й охорони навколишнього середовища.

Органолептичні показники оцінювали шляхом дегустації дослідних зразків за п'ятибальною шкалою, оскільки вона має достатньо високу точність, дає змогу навіть дегустатору із середньою сенсорною чутливістю отримати достатньо достовірні результати. Результати наведено на рис. 2.

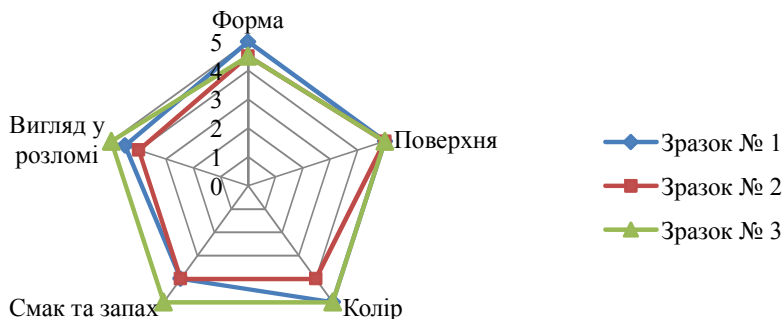


Рис. 2. Результати органолептичної оцінки печива за п'ятибальною шкалою

У дослідних зразках спостерігається зміна кольору на світло-коричневий, покращується консистенція, стає більш пористою структура, з'являється хрусткість, приємний аромат та смак. У результаті досліджень встановлено, що зразок печива № 3 зі співвідношенням пластівців 60:40 має найкращі показники якості. Це печиво найбільш хрустке, розсипчасте та ароматне.

За фізико-хімічними показниками (табл. 3) всі дослідні зразки відповідають вимогам.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники якості дослідних зразків печива

Показники	Згідно з ДСТУ 3781:2014	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3
Вологість, %	Не більше 8,5	7,8	8,0	8,5
Питомий об'єм, м ³ /кг	—	1,13	1,22	1,26
Намочуваність, %	—	134	135	135

Як свідчать дані табл. 3, заміна борошна на вівсяні пластівці сприяє збільшенню вологості, проте в межах норми.

Встановлено, що внесення суміші вівсяних пластівців № 1 і № 2 у співвідношенні 40:60 сприяє збільшенню питомого об'єму та намочуваності.

Внесення суміші з пластівців № 1 і № 2 у співвідношенні 50:50 сприяє ущільненню печива, воно стає більш твердим, затягнутим, у розломі спостерігаються місця непропеченості. Використання мигдалевих пластівців (10%) сприяє появі приємного горіхового смаку й аромату.

Враховуючи фізіологічні потреби населення України в основних харчових речовинах та енергії, було встановлено, що покриття добової потреби при вживанні 100 г печива з вівсяними і мигдалевими пластівцями для чоловіків віком 18—29 років I групи фізичної активності (працівники переважно розумової праці) зростає у білках до 13%, в жирах — до 31,3%, а у вуглеводах знижується до 11,3%. Для жінок тієї ж вікової категорії і групи покриття

ття добової потреби у білках та жирах зростає, відповідно, до 16 та 38%, у вуглеводах — зменшується до 13,8%.

Енергетична цінність печива на пластівцях зменшується порівняно з контролем на 36,5 ккал.

Якість печива визначається не лише харчовою та біологічною, а й фізіологічною цінністю, яка насамперед залежить від швидкості перетравлення його складових у шлунково-кишковому тракті людини.

Засвоюваність вуглеводів зразків печива № 1 та № 3 визначали за швидкістю їх ферментативного гідролізу в шлунково-кишковому тракті.

Визначення швидкості ферментативного гідролізу проводили *in vitro* за кількістю накопичених редукуючих цукрів гідролізу. Для гідролізу використовували комплексний ферментний препарат «Панзинорм», до складу якого входять амілази, протеази та ліпази.

Встановлено (рис. 3), що кількість редукуючих цукрів на початку та під час ферментативного гідролізу вуглеводів печива на вівсяних пластівцях на 2...2,5% більша від кількості у контрольному зразку.

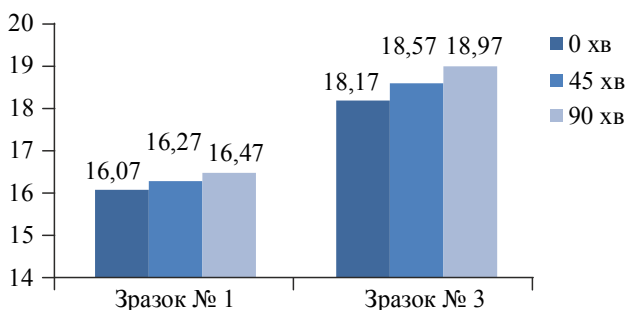


Рис. 3. Вміст редукуючих цукрів за ферментативного гідролізу вуглеводів печива *in vitro*

Висновки

У результаті досліджень підтверджена доцільність використання вівсяних пластівців різних номерів у технології печива.

Експериментально встановлено, що повна заміна в складі печива борошна пшеничного вищого сорту та вівсяного на вівсяні пластівці доцільна у співвідношенні компонентів зразків пластівців № 1:№ 2 — 40:60. Таке співвідношення забезпечує отримання печива з відповідними органолептичними показниками, високою хрусткістю, розсипчатістю, приємним смаком та ароматом. Отримані зразки за фізико-хімічними показниками повністю відповідають вимогам нормативної документації.

Заміна борошна на вівсяні і мигдалеві пластівці сприяє збільшенню в готовому печиві білків і жирів та зменшує кількість вуглеводів. Так, відсоток від добової потреби для чоловіків та жінок віком 18—29 років у білках зростає до 13 та 16, у жирах — до 31,3 та 38% відповідно, а у вуглеводах зменшується до 11,3 та 13,7% відповідно.

Використання вівсяних пластівців у рецептурі сприяє кращій засвоюваності вуглеводневої компоненти печива, адже кількість редукуючих цукрів у

процесі ферментативного гідролізу вуглеводів печива протягом 90 хв зростає в 2,5 рази, якщо порівняти з контролем.

Впровадження у заклади ресторанного господарства технології печива на вівсяних і мигдалевих пластівцях дасть змогу розширити асортимент продукції з покращеною харчовою і біологічною цінністю та залучити до закладу додаткові потоки споживачів, які віддають перевагу солодкому, але здоровому харчуванню.

Література

1. Павлюченко О.С., Бондар Н. П., Соцька Ю. Д., Лисенко Д. В. Збагачення млинчиків високобілковим люпиновим борошном. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 2. С. 102—107.
2. How to cook the perfect oatcakes. The Guardian.[Електронний ресурс]. URL: <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/wordofmouth/2014/aug/27/how-to-cook-perfect-oatcakes-recipe>.
3. Дробот В.І., Михонік Л.А., Тесля О.Д., Семенова А.Б. Використання зернових пластівців у технології оздоровчих продуктів. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2013. № 1. С. 3—4.
4. Білково-вівсяний хліб: патент № 76220 Україна: МПК А 21 D 8/00 № 201207589; заявл. 20.06.2012 р. опубл. 25.12.2012. Бюл. № 24. 4 с.
5. Склад молочно-вівсяного морозива: патент № 106097 Україна: МПК (2014.01) А2 30 9/00 № а 201207586; заявл. 20.06.2012 р. опубл. 25.07.2014. Бюл. № 14. 4 с.
6. Сюткіна О.В., Бондар Н.П., Корецька І.Л. Нові види вівсяного печива підвищеної харчової та біологічної цінності. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2013. № 7 (104—105). С. 9—12.
7. Савченко Н. О., Зінченко І.М. Створення виробу функціонально-профілактичного призначення батончику типу «Мюслі». Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 79-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, (Київ 15 — 16 квітня 2013) К. НУХТ. 2013 р. Ч. 1. С. 205—206.
8. Семенова А.Б. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням продуктів переробки круп'яних культур: дис. канд. техн. наук : 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів» / Семенова Анастасія Борисівна. НУХТ. К. 2014. 245 с.
9. Соц С.М., Кустов І.О. Крупа вівсяна неподрібнена з голозерного вівса. Зернові продукти і комбікорми. 2012. № 4(48). С. 31—33.
10. Скурихин И.М. Химический состав пищевых продуктов: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. Москва: Агропромиздат, 1987. 224 с.

**PROVING THE COMPOSITION AND THE METHODS
TO OBTAIN THE COMPLEX OF FOOD FIBERS
WITH VARIOUSLY ORIENTED ACTION**

G. Simakhina, R. Naumenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Food fibers
Sugar beet oilcakes
Citrus peel
Organism purification
Enrichment*

Article history:

Received 11.03.2019
Received in revised form
29.03.2019
Accepted 18.04.2019

Corresponding author:

G. Simakhina
E-mail:
npuht@ukr.net

ABSTRACT

The search for new perspective and otherwise cheap sources of food fibers is constant. This is why such a trend of researches was chosen in this article, whose authors prove the choice of non-traditional sources (sugar beet oilcakes and citrus peel) to further production of natural compositions with increased content of food fibers, which can be used either directly or in enriching different food bases. These secondary raw materials are rich in not only food fibers, but also in vitamins (especially B group) and mineral elements; in other words, they contain the compounds crucially necessary for diets destined to people living in ecologically dangerous places.

The integrity of all the aforesaid components evidences the possibility to essentially transform the metabolic processes in the organism due to purification of the latter, removal of ‘bad’ cholesterol, avoiding accumulation of radio nuclides, etc. The authors proposed to use the low-temperature technologies (30...35 degree of centigrade) to dry the objects selected, which will surely guarantee the preservation of the entire complex of substances, synthesized by nature in raw materials, in the dry half-products as well. To increase the biological availability of the constituents of the composition created, we used the disintegration of dried materials, during which both the dispersion of the product and its activation were achieved, and this is a factor to gain their influence on human organism.

The characteristics and the methods to produce the composition of food fibers from two heterogeneous sources — sugar beet oilcakes and citrus peel — allowed us to relate it to the group of dietetic supplements because of the higher concentration of pectin substances, cellulose, hemicellulose, minerals etc. contained in more available form to be furthermore absorbed in the organism. We can foresee the perspectives of using the composition created for either correction of alimentary canal functioning or detoxification of the organism.

ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ТА СПОСІБ ОТРИМАННЯ КОМПОЗИЦІЇ ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН РІЗНОСПРЯМОВАНОЇ ДІЇ

Г.О. Сімахіна, Р.Ю. Науменко

Національний університет харчових технологій

Актуальним завданням для сучасної харчової промисловості України є пошук нових перспективних і водночас дешевих джерел харчових волокон. Саме такий напрям досліджень обрано у пропонованій статті, де обґрунтовано вибір нетрадиційних джерел — жому цукрових буряків та цедри цитрусових — для виробництва натуральних композицій із підвищеним вмістом харчових волокон (ХВ), які можна застосовувати як безпосередньо, так і для збагачення різних харчових основ. Ці вторинні сировинні ресурси багаті не лише на ХВ, а й містять достатні кількості вітамінів, особливо групи В, мінеральних елементів, тобто саме тих сполук, які необхідні в раціонах харчування населення екологічно небезпечних зон.

Сукупність названих компонентів свідчить про можливість істотної перебудови метаболічних процесів в організмі за рахунок його очищення, виведення «шкідливого» холестерину, запобігання накопиченню радіонуклідів тощо. Запропоновано використовувати низькотемпературні методи сушіння (30...35°C) обраних предметів дослідження, які гарантовано забезпечать збереження в готових сухих напівфабрикатах усього комплексу цінних сполук, синтезованих природою у сировині. Для підвищення біологічної доступності компонентів створеної композиції використовується дезінтеграторне подрібнення сухих матеріалів, у процесі якого поряд із диспергуванням продукту досягається активування його складників, що посилює ефект їхньої дії на організм людини.

Характеристика і спосіб виробництва композиції харчових волокон з двох різнорідних джерел — жому цукрового буряку та цедри цитрусових — дає підстави віднести її до групи дієтичних добавок, у якій в концентрованому вигляді і в значно доступнішій для засвоєння організмом формі містяться пектинові речовини, целюлоза, геміцелюлози, мінеральні речовини тощо. Можна прогнозувати перспективність використання створеної композиції як для корегування роботи шлунково-кишкового тракту, так і для дезінтоксикації організму.

Ключові слова: харчові волокна, буряковий жом, цедра цитрусових, очищення організму, збагачення.

Постановка проблеми. Одним із сучасних напрямів прогресу у технологіях харчових продуктів є їх рафінування (це стосується передусім борошна, олії, цукру), що призводить до вилучення із готових продуктів цінних біокомпонентів: фосфоліпідів, вітамінів групи В, мінеральних сполук, харчових

волокон. Зокрема, зниження вмісту харчових волокон (далі — ХВ) у щоденних раціонах викликає розвиток деяких захворювань — коліту, дивертикульозу, цукрового діабету, атеросклерозу, онкологічних хвороб тощо [1].

Роль ХВ у харчуванні — багатоманітна. Вона полягає не лише у частковому постачанні організму людини енергією, у виведенні з нього метаболітів, забруднювачів, а й у регулюванні фізіологічних, біохімічних процесів в органах травлення. Так, ХВ, які є будівельним матеріалом для клітин та клітинних стінок, сприяють підтриманню постійних позитивних симбіотичних взаємовідносин між організмом людини та мікрофлорою її травного апарату [2]. Протягом останніх 10 років харчові продукти, збагачені волокнами, рекомендовано для щоденного споживання з метою очищення організму від продуктів метаболізму та його дезінтоксикації [3].

Переваги застосування харчових волокон перед чистими препаратами пектинових речовин очевидні. Пектинові речовини, які рекомендовано для безпосереднього вжитку з метою очищення організму, можна використовувати неконтрольовано не більше трьох тижнів. Не маючи селективної здатності щодо зв'язування металів в організмі людини, пектини можуть призвести до демінералізації біогенних елементів і завдати більшої шкоди, ніж ті сполуки, від яких ми прагнемо очистити організм [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Очевидною і обґрунтованою є увага науковців до пошуку нових джерел харчових волокон, щоденне вживання яких в оптимальних кількостях, за даними Американського національного інституту раку, на 20...25% знижує, наприклад, ризик онкологічних захворювань молочної залози. Навіть при достатньому продовольчому забезпеченні населення неможливо ліквідувати дефіцит харчових волокон без додаткового їх споживання, зважаючи на рафінування основних груп харчових продуктів і постійне погіршення екологічної ситуації [5]. Тому подальший поступ у збагаченні харчових продуктів волокнами полягає у розробленні нових їхніх композицій (у тому числі з нетрадиційних природних джерел), які містять, окрім целюлози, геміцелюлоз, пектинів, також есенціальні мінеральні сполуки та вітаміни. Саме такі композиції дадуть змогу водночас і очистити організм від ксенобіотиків, і поповнити його незамінними біологічно активними речовинами. Вони дають можливість природного відновлення балансу харчових волокон в організмі людини і забезпечення їх необхідного добового надходження у кількості 25...40 г.

Водночас харчові волокна при застосуванні спеціальних методів попередньої підготовки сировини можна розглядати і як джерело отримання моно- та полісахаридів, інших легкокорозчинних сполук. Наприклад, є дані щодо деградації лігніну, целюлози, геміцелюлоз при механоактивуванні різних видів деревини [6]. Тому метод механохімії є перспективним для використання при отриманні харчових волокон з метою підвищення біологічної засвоюваності її компонентів.

Мета статті: обґрунтування вибору нетрадиційних рослинних джерел харчових волокон на основі характеристики їхнього біохімічного складу і розроблення способу отримання нової композиції різноспрямованої дії.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є цедра цитрусових: мандарина, апельсина, лимона, а також жом цукрового буряку. Буряковий жом являє собою знецукрену бурякову стружку, що, за попередніми даними, містить значні кількості харчових волокон, а цедро цитрусових, окрім цього, багата також на мінеральні речовини. Тому поєднання в одній композиції ХВ із цедри цитрусових та жому буряку забезпечуватиме організм людини компонентами дезінтоксикаційної дії і біологічно активними речовинами.

Визначення вмісту водо- та жиророзчинних вітамінів, харчових волокон, у тому числі пектинових речовин і клітковини, мікробіологічні дослідження проводили за загальноприйнятими методиками.

Викладення основних результатів дослідження. Буряковий жом належить до вторинних сировинних ресурсів цукробурякового виробництва. Враховуючи великі обсяги перероблення цукрових буряків, а також те, що вихід сирого бурякового жому становить 80...83% до їхньої маси, можна зазначити, що перероблення, зберігання та утилізація бурякового жому являє серйозну проблему. Інтенсивно мінливі економічні умови господарювання у регіонах вирощування цукрових буряків і розташування заводів з виробництва цукру надають особливого значення вирішенню цієї проблеми. Сьогодні можна виділити такі основні напрями використання та утилізації бурякового жому: біогаз, корм для худоби, пектиновий концентрат, пектиновий клей. Одним з найбільш перспективних і затребуваних напрямів використання бурякового жому має стати виробництво ХВ.

Цедра цитрусових заслужено вважається одним із найкорисніших їхніх складників. Вона містить значну частку флавоноїдів, аскорбінової кислоти і ХВ, які сприятливо впливають на травний тракт. Волокна викликають почуття насичення, оскільки в кишечнику вони розбухають і знижують апетит.

Крім вітаміну С, у цедрі більшості цитрусових у чималій кількості містяться вітаміни Р, групи В, вітамін А, а також мінерали (фосфор і калій), пектинова кислота, різні ефірні олії, кумарини і фітонциди, які є натуральними антибіотиками. Завдяки такому складові, цедро має антибактеріальні та імуностимулюючі якості. Її вживання бажано не тільки для профілактики, а й лікування застуди; вона також допомагає усунути деякі захворювання ротової порожнини [7].

На першому етапі досліджень ми визначили біохімічний склад шкірки трьох видів цитрусових: мандарина, апельсина, лимона. Отримані дані наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Біохімічний склад цедри цитрусових, % за масою сирого матеріалу

Предмет дослідження (цедро)	Речовини							
	Сухі речовини	Білок	Вуглеводи					Мінеральні речовини
			Сахароза	Харчові волокна				
				Загальна кількість	Клітковина	Пектин	Протопектин	
Мандарин	67,4	2,18	2,6	55,63	47,31	6,15	2,14	5,35
Лимон	74,3	2,16	1,4	61,4	52,44	6,48	2,48	6,55
Апельсин	58,1	1,96	3,6	43,7	34,88	6,6	2,22	4,78

З даних табл. 1 видно, що найбільше сухих речовин містить цедра лимона, а частка білка та сахарози в усіх трьох зразках — незначна. ХВ представлені клітковиною, пектином і протопектином. Вміст клітковини найбільший у цедрі лимона, пектинових речовин міститься приблизно 6% до маси сирого матеріалу, а протопектину майже втричі менше. Отже, харчові композиції з цедри цитрусових містять достатньо розчинного пектину, і при їх споживанні організм людини отримує належну кількість пектинових речовин.

Мінеральні сполуки містяться у всіх трьох зразках теж у значних концентраціях, найбільше їх у цедрі лимона. За літературними даними [7], основна частина мінеральних речовин представлена калієм і кальцієм. Тому композиції з цитрусових сприятливо впливатимуть на роботу серцевого м'яза, запобігаючи виникненню серцево-судинних захворювань.

На наступному етапі виконано аналіз вітамінного складу шкірки цитрусових на прикладі декількох зразків цедри лимона. У табл. 2 наведено діапазон середніх значень концентрації вітамінів.

Таблиця 2. Вітамінний склад цедри лимона, мг/100 г

Вітаміни	в 100 г цедри
Вітамін С (аскорбінова кислота)	121...146
Вітамін В ₁ (тіамін)	0,09...0,11
Вітамін В ₂ (рибофлавін)	0,06...0,1
Вітамін В ₃ (ніацин)	0,08...0,46
Вітамін В ₄ (холін)	0,08...0,54
Вітамін В ₅ (пантотенова кислота)	0,18...0,32
Вітамін В ₆ (піридоксин)	0,2...0,44
β-каротин	7,4...8,2
Вітамін А (МО)	48...56 МО
Вітамін Е (α-токоферол)	0,21...0,40

З таблиці вітамінного складу видно, що вміст вітаміну С в цедрі лимона значно вищий, ніж у самій м'якоті (40 мг). І, на відміну від м'якоті, в цедрі лимона міститься вітамін В₄, який у комплексі з лецитином сприяє переробленню, розрідженню, транспортуванню та обмінові жирів у печінці, знижує рівень холестерину, стимулює серцеву діяльність, поліпшує проходження нервово-м'язових імпульсів, бере участь у синтезі метіоніну, впливає на вуглеводний обмін, регулюючи рівень інсуліну в організмі [8].

За відомими методиками визначили біохімічний склад жому цукрового буряку (табл. 3).

Таблиця 3. Біохімічний склад жому цукрового буряку, % за масою сирого матеріалу

Показник	Фактичне значення
Волога, % до маси жому	75,5...78,8
Сахароза	3,25...3,36
Пектинові речовини	
- розчинні	1,52...1,61
- нерозчинні	3,54...5,06
Клітковиνα	17,09...19,3

За вмістом ХВ жом цукрових буряків значно поступається цедрі цитрусових, однак пектинові речовини, які входять до їхнього складу, мають низький ступінь етерифікації. Це гарантує високу дезінтоксикаційну дію нових композицій щодо радіонуклідів та важких металів.

Досліджені зразки жому цукрових буряків мають багатий вітамінний склад, особливо за вітамінами групи В (табл. 4).

Таблиця 4. Вміст вітамінів у жомі цукрових буряків, % за масою сирого матеріалу

Вітаміни	Масова частка	Добова потреба людини, мг
Аскорбінова кислота	12,0...25,0	70...200
Тіамін	0,1...0,2	1,3...2,4
Рибофлавін	0,1...0,2	1,5...2,2
Піридоксин	0,15...0,30	1,7...2,2
Ніацин	0,4...0,7	15,0...20,0
Фолацин	0,015...0,035	0,1...0,2
Біотин	0,017...0,032	0,05...0,3
Пантотенова кислота	0,38...0,64	5,0...10,0

У значній кількості представлено вітамін В₁. Із продуктів, у яких переважає цей вітамін, слід назвати горох, боби, горіхи, м'ясо. Тіамін необхідний для нормальної діяльності центральної та периферичної нервових систем; він здатен знешкоджувати токсичні речовини, а за результатами останніх наукових досліджень розглядається як антипод канцерогенів.

У такій самій кількості міститься й вітамін В₂ — регулятор білкового обміну в живому організмі. За цим показником жом цукрових буряків поступається лише томатам і листовим овочам, а тому композиції з його використанням особливо рекомендуються тим споживачам, які внаслідок певних причин змушені обмежити вживання останніх.

Оскільки буряковий жом і цедра цитрусових розглядаються як джерело для отримання комбінацій ХВ, вони не повинні містити шкідливих мікроорганізмів. Мікробіологічні показники для жому цукрових буряків наведено в табл. 5.

Таблиця 5. Мікробіологічні показники жому цукрових буряків

Показники	Фактичне значення	Нормативний показник
Мікробіологічні показники, КУО в 1г		
Загальна забрудненість	$2,1 \cdot 10^5$	не більше $4 \cdot 10^5$
Вміст мезофільних бактерій	$7,5 \cdot 10^4$	не більше $10 \cdot 10^4$
Вміст термофільних бактерій	$1,2 \cdot 10^5$	не більше $4 \cdot 10^5$
Вміст пліснявих грибів	$1,8 \cdot 10^4$	не більше $3 \cdot 10^4$

Згідно з отриманими результатами, мікробіологічні показники досліджуваних матеріалів не перевищують нормативів. Аналогічні результати щодо мікробіологічної безпеки отримано і для цедри цитрусових.

На рисунку зображено принципову технологічну схему отримання композицій ХВ із жому буряків та цедри цитрусових. За результатами попередніх досліджень встановлено, що жом цукрових буряків доцільно сушити при

температурі 55°C, оскільки він містить незначну кількість термолабільного вітаміну С, і в даному разі інтенсифікація процесу важливіша, ніж збереження аскорбінової кислоти. Для цедри цитрусових оптимальною температурою сушіння є 35°C, що дало змогу отримати у висушеному продукті практично ту ж концентрацію аскорбінової кислоти (у перерахунку на сухі речовини), що й у вихідній сировині.

Технологія отримання композиції харчових волокон під умовною назвою «Пектовітоцин» включає такі основні стадії: прийом вторинної сировини цукробурякового та консервного виробництва (у співвідношенні 1:1), її мікробіологічний контроль; попереднє підсушування матеріалів у конвективній сушарці до вологості 30%; сушіння тривалістю 90 хв для бурякового жому, 240 хв — для цедри; подрібнення до порошкоподібного сипучого стану та дисперсності 80...100 мкм на дезінтеграторі; фасування; зберігання. Композиція харчових волокон пакується в пакетики із фольги, на етапі маркування на упаковці друкується назва продукту «Пектовітоцин», короткий опис продукту, його застосування і корисність, відповідно до вимог [9].

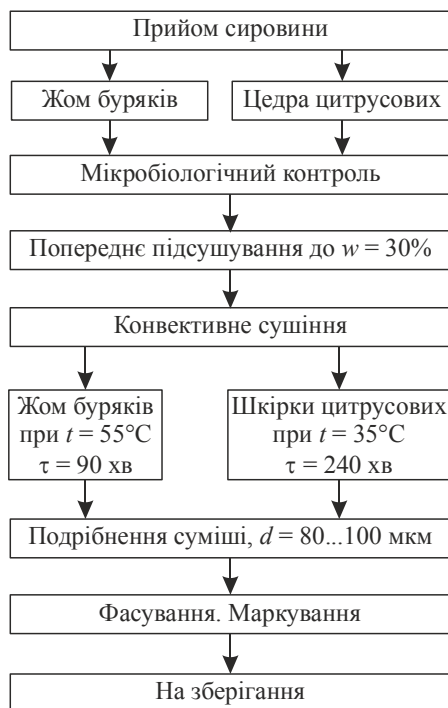


Рис. Принципова технологічна схема отримання композицій харчових волокон із жому цукрових буряків і цедри цитрусових

Висновки

Фахівці розглядають сьогодні харчові продукти у новій якості — як носії біологічно активних речовин, що беруть участь у всіх процесах фізіологічної та гормональної регуляції організму людини. Вони є певною мірою (залежно

від кількісного та якісного складу БАР) лікувальними, профілактичними, спеціальними тощо. Призначення оздоровчих продуктів із підвищеним вмістом харчових волокон полягає у запобіганні чи відновленні метаболічних порушень в організмі під впливом на нього шкідливих чинників довкілля.

Тому пошук та вивчення нових нетрадиційних джерел харчових волокон є актуальним завданням науковців, вирішення якого забезпечить у раціонах харчування населення України необхідну норму ХВ (25...40 г). Аналіз біохімічного складу жому цукрових буряків та цедри цитрусових показав доцільність їх застосування у виробництві композицій ХВ, зважаючи на достатню кількість у їхньому складі клітковини, пектинових речовин, а також мінеральної частки. Низькотемпературна технологія сушіння досліджуваних матеріалів забезпечує в отриманому сухому напівфабрикаті кількісний та якісний склад біокомпонентів сировини.

Збільшення споживання продуктів із харчовими волокнами та використання їхніх композицій і концентратів із вторинних сировинних ресурсів є надійним засобом цілеспрямованого корегування відхилень у функціонуванні різних систем організму — неспецифічної імунної, дезінтоксикаційної, травної тощо. Рослинні харчові волокна можуть і повинні посісти належне місце в системі антиризикових чинників та превентивних заходів до тих негативних впливів, які формують і сприяють розвиткові різних хвороб.

Література

1. Пішак В.П., Радько М.М., Бабюк А.В. та ін. Вплив харчування на здоров'я людини. Чернівці: Книги — XXI, 2006. 500 с.
2. Николаев В.Г., Стрелко В.В. Теоретические основы и сферы практического применения энтеросорбции. *Тезисы докладов «Сорбционные методы детоксикации и иммунокоррекции в медицине»*. Харьков, 18—20 апреля 2002 г. С. 112—114.
3. Сильчук Т.А. Наукове обґрунтування та розроблення прискорених технологій хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.16. Київ, 2018. 39 с.
4. Щелкунов Л.Ф., Дудкин М.С., Корзун В.Н. Пища и экология. Одесса: Оптимум, 2000. 517 с.
5. Эйзлер А.К. Европейское исследование: БАДы, витамины, ГМО, биопродукты. Как сделать правильный шаг к здоровому долголетию. Москва: Изд-во «Э», 2016. 432 с.
6. Роговин З.А. Химия целлюлозы. Москва: Химия, 2002. 326 с.
7. Формазюк В.И. Энциклопедия пищевых лекарственных растений. Киев: А. С. К., 2003. 792 с.
8. Аткинс Р. Биодобавки доктора Аткинса. Природная альтернатива лекарствам при лечении и профилактике болезней. Пер. с англ. Москва: РИПОЛ-КЛАССИК, Трансперсональный институт, 1999. 480 с.
9. Донченко Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов. Киев: Наук. думка, 2000. 256 с.

THE ANALYTICAL INFORMATION ABOUT STATUS OF FLAVORS USAGE IN THE WORLD AND IN UKRAINE AND POSSIBILITIES OF DOMESTIC PRODUCTION DEVELOPMENT

A. Ukrainets, N. Frolova

National University of Food Technologies

Key words:

*Flavor
Industry
Standards
Market
Fractionation
Sources of flavoring
substances*

Article history:

Received 14.03.2019
Received in revised form
12.04.2019
Accepted 22.04.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

In this article the modern legal documents concerning the concept of flavors, their types, groups, requirements for labeling and realization are systematized.

On the basis of analysis of academic papers of domestic and foreign authors, the results of own researches the information about status of flavors usage in the world and in Ukraine and possibilities of domestic production development are represented.

It was determined that the domestic market of food constituents is formed in line with the trends of the world market, but with noticeable lag. Unfortunately, Ukrainian manufacturers almost do not use modern insights and technologies that exist in the world, thus our country had to let huge foreign flavor manufacturers to the domestic market. At the same time, in recent years, the situation at the domestic market of flavors somewhat changed in favor of domestic manufacturers, that buy from international companies so called "aromatic keys". On the basis of such keys combinations of given scent are composed. From natural sources of aromatic substances aromatic emulsions, fruit fillers, etc. are produced. Widespread development around the world was acquired by production of concentrates of spicy aromatic and essential oil bearing plants obtained through extracts decentering up to 70% of dry substance, where partial loss of aroma is compensated by virtue of adding essential oils, aromatic spirits or food flavorings. In the world scientific and practical activity shortage of individual flavoring substance (FS) of pure composition is felt, which causes demand for them at the domestic market of Ukraine and for selling abroad. The target result of obtaining high quality natural flavors allows usage of processes of fractionating natural aromatic raw material. Scientists from NUFT gave credence to sequential usage of three technological stages of obtaining individual flavoring substances: rectification, preparative excretion and gas chromatographic control of composition purity of obtained (FS), and also adsorptive-desorptive processes of capturing FS, including those of fruit line.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-27

АНАЛІТИЧНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАН ВИКОРИСТАННЯ АРОМАТИЗАТОРІВ У СВІТІ І В УКРАЇНІ ТА МОЖЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА

А.І. Українець, Н.Е. Фролова

Національний університет харчових технологій

У статті систематизовано сучасні нормативно-правові документи щодо терміна «ароматизатори», видів, груп, вимог до їх маркування та реалізації.

На основі аналізу наукових публікацій вітчизняних і зарубіжних авторів, результатів власних досліджень представлена інформація про стан використання ароматизаторів у світі і в Україні та можливості розвитку вітчизняного виробництва

Відзначено, що вітчизняний ринок харчових інгредієнтів формується в руслі тенденцій світового ринку, але з відчутним відставанням. На жаль, українські виробники практично не використовують сучасних напрацювань і технологій, що існують у світі, тому держава змушена була допустити на вітчизняний ринок великих іноземних виробників ароматизаторів. Водночас в останні роки ситуація на вітчизняному ринку ароматизаторів децю змінилася на користь українських виробників, які купують у міжнародних компаній так звані «ароматичні ключі». На основі цих ключів складаються комбінації заданого запаху. З натуральних джерел ароматичних речовин виробляються ароматичні емульсії, фруктові наповнювачі тощо. Широкого розвитку в усьому світі набуло виробництво концентратів пряно-ароматичних та ефіроолійних рослин, отриманих згущенням екстрактів до 70% сухих речовин, у яких часткова втрата аромату компенсується за рахунок додавання ефірних олій, ароматних спиртів або харчових ароматизаторів. У світовій науково-практичній діяльності відчувається дефіцит індивідуальних ароматичних речовин (АР) чистого складу, що обумовлює їх затребуваність на внутрішньому ринку України та продаж за кордон. Цільовий результат отримання якісних натуральних ароматизаторів забезпечує процес фракціонування природної ароматичної сировини. Вченими Національного університету харчових технологій науково обґрунтовано послідовне використання трьох технологічних стадій отримання індивідуальних ароматичних речовин: ректифікації, препаративного виділення та газохроматографічного контролю чистоти складу отриманих АР, а також адсорбційно-десорбційні процеси вловлювання АР, в тому числі фруктового напрямку.

Ключові слова: *ароматизатор, промисловість, стандарти, ринок, фракціонування, джерела ароматичних речовин.*

Постановка проблеми. *Визначальною тенденцією сучасної харчової промисловості є продукти та напої здорового харчування. Однак зниження вмісту жиру, солі, цукру, збільшення вмісту харчових волокон відчутно змі-*

нює смак та аромат продукту. А саме ці характеристики цінуються споживачами, оскільки посилюють діяльність органів травлення, покращують настрій і працездатність.

Використання ароматизаторів відбувається практично в усіх галузях харчової промисловості. Існуюче в Україні виробництво натуральних ароматизаторів не здатне задовольнити зростаючий попит на безпечну ароматизовану продукцію. Більшість ароматизаторів ввозяться із-за кордону. На жаль, прикладів вітчизняного виробництва натуральних ароматизаторів можна нарахувати одиниці.

Це пов'язано з низкою причин, однією з яких є лабільність органолептичних властивостей природних носіїв аромату, які легко піддаються псуванню з огрубленням смаку та запаху. Науковцями усього світу ведуться пошуки способів оброблення ароматичної сировини з отриманням натуральних джерел ароматичних речовин із стабільним запахом контрольованих тонів. Такі дослідження є економічно доцільними, оскільки різноманітний асортимент ароматизаторів сприятиме зниженню їх вартості. Ароматизатори можна буде виробляти протягом року, забезпечуючи регульований і збалансований склад та аромат.

Ароматизатори нового покоління — це композиції збалансованих ключових ароматів, які отримали назву ароматичних «ключів». У вітчизняній та європейській нормативній документації окремого терміна «композиційний ароматизатор» не передбачено. Проте саме композиційні ароматизатори найбільш поширені на ринку товарів. Потужними виробниками ключових ароматів визнано Японію, США, країни Європи, зокрема Велику Британію, Францію, Німеччину та Австрію.

Аналіз останніх нормативних документів і публікацій. За Регламентом (ЄС) № 1334/2008 Європейського парламенту від 16 грудня 2008 року, який став обов'язковим до виконання із 20 січня 2011 року, ароматизатори — це харчові інгредієнти, що володіють ароматичними властивостями і які спеціально вносять у продукт (без самостійного їх споживання) з метою надання йому аромату та для загального позитивного впливу на якість продукту [1]. У регламенті також скасовано поділ ароматизаторів на «натуральні», «ідентичні натуральним» і «штучні» із введенням лише двох визначень — натуральні ароматизатори і просто ароматизатори.

В Україні вимоги до використання ароматизаторів регулюються Законом України «Про безпечність та якість харчових продуктів» №771/97-ВР [2] та внесеними до нього змінами [3]. У документі наведено визначення терміна «ароматизатор», а також вказується, що слово «натуральний» може бути використаним виключно для ароматизаторів, в яких комплекс АР (ароматичних речовин) був виділений фізичними процесами або утворений у результаті ферментативних реакцій мікробіологічних процесів чи традиційним способом приготування харчових продуктів.

Технічний регламент України щодо правил маркування харчових продуктів від 2011 р. окреслює межі застосування терміна «натуральний» лише натуральними АР. У країнах ЄС також передбачається розділення натуральних ароматизаторів на три види [4]. Ароматизатор вважається натуральним, якщо:

1. Виділені із джерела 90% АР, що відповідає його назві. У США для таких ароматизаторів прийнята аббревіатура FTNF (J) .

2. В ароматизаторі поряд з АР, частково отриманими із названого джерела, наявні АР, виділені з інших джерел. У США для таких ароматизаторів використовується аббревіатура WONF — With Other Natural Flavourings. Такі ароматизатори є композицією натуральних ЕО. В ароматизаторах WONF можуть використовуватися також виділені індивідуальні натуральні АР.

3. АР, отримані з будь-яких інших природних джерел сировини. Наприклад, натуральний ароматизатор типу «полуниця».

В Україні натуральні ароматизатори на окремі види не розподіляють.

У країнах ЄС з 2013 р. набрав чинності новий список харчових ароматизаторів і добавок, схвалених Єврокомісією для використання на європейському ринку [5]. У документі наведено список рослин, рекомендованих для виробництва ароматизаторів, а також перелік близько 2 600 смакоароматичних речовин, що фактично використовуються для виробництва ароматизаторів. Кількість дозволених для застосування синтетичних АР складає близько півтори тисячі.

Вимоги до якості ароматизаторів викладено в збірниках міжнародних харчових стандартів — Кодексу Аліментаріусу (Codex Alimentarius Commission (CAC). Розробка стандартів здійснюється за рекомендаціями міжнародного наукового комітету, відомого як The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) — Об'єднаний комітет експертів FAO/ВООЗ з харчових добавок. Світова практика свідчить, що JECFA — незалежна експертна організація, яка спільними діями з Food and Agriculture Organization of the United Nations (Продовольча і сільськогосподарська організації Об'єднаних Націй — FAO) і World Health Organization (Всесвітня організація охорони здоров'я — ВООЗ) здійснює тестування та дослідження кожного виду ароматизаторів, проводить клінічні випробування, оцінює рівень ризику застосування та інформує про результати, публікуючи випуски хімічних специфікацій, монографії та статті [5].

Слід звернути увагу на ще один важливий документ — Generally Recognized as Safe (GRAS) — реєстр безпечних смакоароматичних речовин [6]. Цей реєстр створено в США Асоціацією виробників ароматизаторів та екстрактів (Flavor and Extract Manufacturers Association — FEMA). Безпечність ароматизаторів реєстру GRAS підтверджується висновками кваліфікованих фахівців через адекватні наукові процедури або на основі досвіду вживання в їжу.

У «Білій книзі», яка містить перелік ароматизаторів, дозволених для використання в країнах ЄС [7], повідомляється, що постійне нарощування виробництва продуктів ароматичної хімії, їхня токсичність, негативний вплив на обмін речовин, наявність віддалених ефектів свідчить про необхідність зменшення виробництва та використання такої продукції. В українському законодавстві вимоги до якості ароматизаторів регулюються законами України [2; 3], а контроль над виробництвом і застосуванням покладено на Державну санітарно-епідеміологічну службу України та Міністерство охорони здоров'я. Департамент організації санітарно-епідеміологічного нагляду формує спеціалізований реєстр ароматизаторів, до якого вносяться ароматизатори, що

отримали позитивний висновок від Державної санітарно-епідеміологічної експертизи. Інформація періодично оновлюється і з'являється на сайті МОЗ України — <http://moz.gov.ua>.

До натуральних ароматизаторів належать ЕО, олеорезини (спиртові екстракти), СО₂-екстракти прянощів і пряно-ароматичних рослин, концентровані витяжки, концентрати фруктових соків [8]. Водночас ароматизаторами є тільки ЕО, олеорезини та СО₂-екстракти. Решта є слабкими ароматизаторами з ароматичністю до 1000 разів меншою, якщо порівняти з ЕО.

Натуральні ароматизатори випускаються у вигляді розчинів в етиловому спирті чи в інших розчинниках; емульсій типу «олія у воді»; сухих сумішей, отриманих диспергуванням АР на сухий носій; порошоків з мікрокапсулюванням АР у суміші стабілізаторів-камедей; екстрактів ароматів.

Вчені довели, що ароматизовані харчові продукти здатні поглиблювати людський чуттєвий поріг запаху. Якісний ароматизатор «пробуджує» нові рецептори нюху, розвиває їх стимулює вміння розрізняти нові ноти й відтінки аромату. Також ароматизатори можуть збагатити смак продуктів, які втратили свої смакові компоненти в процесі оброблення (пастеризації, екстрагування, ізоляції тощо) [9].

Використання ароматизаторів дає змогу розширити асортимент харчових продуктів на основі однотипної сировини; ароматизувати продукти цінні за оздоровчими властивостями, але позбавлені власного аромату; стандартизувати смакоароматичні характеристики харчової продукції незалежно від щорічних коливань якості вихідної сільськогосподарської сировини.

Для виробників харчових продуктів пріоритетними ароматами визнано ароматизатори з пряним, цитрусовим, карамельним запахами. Однак останнім часом виробників цікавлять природні носії фруктового аромату. Знаходять своє призначення в напоях і різні квіткові запахи, наприклад, трояндовий, лавандовий, жасминовий, які раніше використовувалися в парфумерній промисловості.

Яскравим прикладом утворення нового гармонійного запаху за рахунок злиття ароматів є напрям «ф'южн», в якому переплетені аромати горіхів, листя коки, ванілі, кориці, касії, мускатного горіха, апельсина, лимона, лайма [10]. Окремо зазначимо, що головним позитивом композиційних ароматизаторів є формування індивідуальної композиції, що надає продукції тільки їй властивого аромату і навіть смакових відчуттів, в тому числі й однотипним продуктам. Створенню гармонійної комбінації допомагає і математичне моделювання із складанням цільової функції, яка зв'язує у загальне рівняння регресії всі складові ароматизатора [8].

Невирішеним питанням залишається визначення частки ароматизаторів у харчових продуктах. Існуючі в Україні методи не дають змоги отримувати відтворювані дані з цього питання, що викликає чимало нарікань як з боку виробників продукції, так і з боку контролюючих органів. При цьому доволі часто оптимальні смакоароматичні показники продукту досягаються в дозуваннях, на кілька порядків менших, ніж максимально дозволені в нормативній документації.

Міжнародна спільнота широко обговорює обмеженість наукової інформації про безпечність ароматизаторів. В інституціях ЄС у сфері безпеки харчування центральною точкою дискусії є необхідність збору й аналізу інформації щодо потенційної небезпеки синтетичних АР.

Численні дослідження і широке обговорення питання впливу ароматизаторів хімічного синтезу на здоров'я людини підтверджують їх небезпечність і фіксовані прояви токсичної дії навіть при входженні до харчового продукту на рівні ГДК (гранично допустима концентрація). Річ у тому, що в наш час вживання ароматизованих харчових продуктів має системний характер: кожного дня й протягом багатьох років. Тому склад штучних ароматизаторів відіграє велике значення для безпеки здоров'я людини.

Мета статті: аналіз стану використання ароматизаторів у світі і в Україні та можливості розвитку вітчизняного виробництва

Матеріали та методи досліджень. Наукові публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, результати власних досліджень, опрацьовані аналітичними та порівняльними методами.

Викладення основних результатів дослідження. Аналіз даних, наявних у сучасній літературі показав, що ринок ароматизаторів у світі стабільно зростає. У 2015 р., за оцінкою компанії Euromonitor International, обсяг світового ринку ароматизаторів для продуктів харчування і напоїв склав 1156 тис. тонн. До 2020 р., за прогнозом аналітиків, ринок досягне 1500 тис. тонн. Загальний обсяг ринку смакоароматичних інгредієнтів оцінюється у 15 млрд євро, з них 6,5 млрд євро для ароматів та 8,5 млрд євро — для смаків [11].

За прогнозом Freedonia Group глобальний ринок ароматизаторів у найближчому майбутньому у вартісному вираженні буде зростати на 4,3% на рік, у тому числі через поширення ароматизаторів в wellness продуктах [12]. Світовий ринок ароматизаторів є надзвичайно консолідованим, близько 50% загального обсягу продажів припадає на чотири компанії: Givaudan, IFF (International Flavors), Symrise і Firmenich. Поряд з компаніями США на ринок ароматизаторів виходять промисловці Азіатсько-Тихоокеанського регіону.

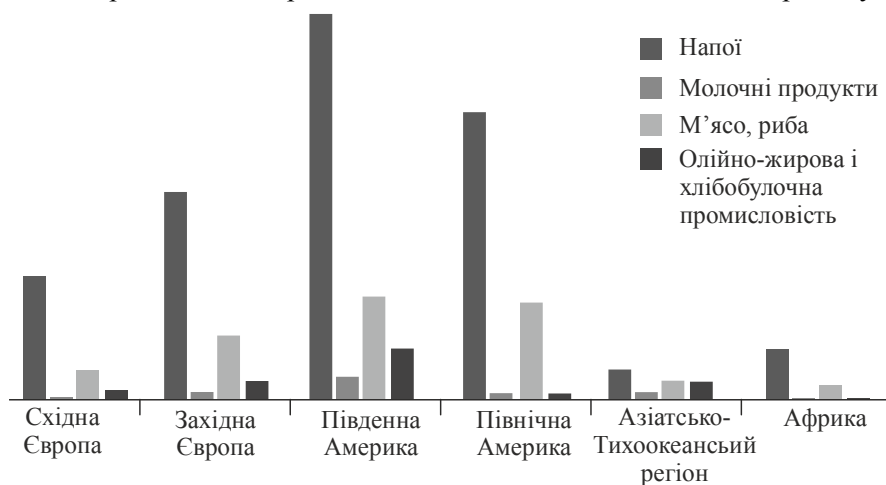


Рис. 1. Використання ароматизаторів у харчових продуктах у регіонах світу

Вивчення ринкової кон'юнктури (рис. 1) показало, що в Азії, Центральній і Південній Америці, Східній Європі та країнах Африки й Близького Сходу виробництво ароматизаторів буде зростати швидкими темпами [13].

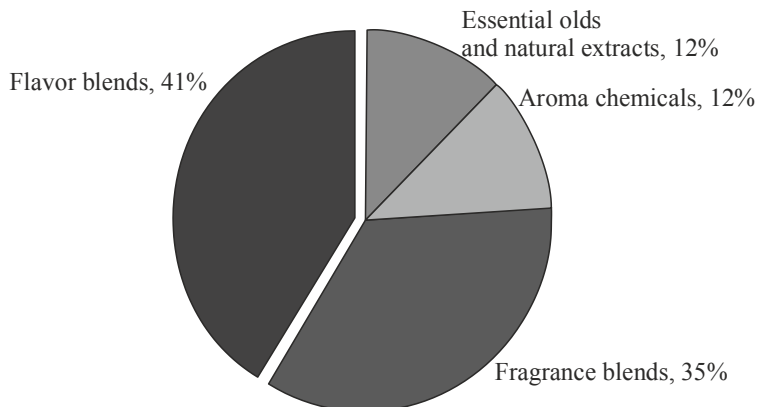


Рис. 2. Розподіл сфер бізнесу при виробництві ароматизаторів

Зсув парадигми в бік натуральності продуктів зобов'язує світових виробників промислової продукції поступово відмовлятися від синтетичних ароматизаторів. У результаті за 2014 р. відсоток натуральних ароматизаторів зріс на 90% (ЄС) і 80% (США) в напоях, до 80% (ЄС і США) — в солоних продуктах і на 50% (ЄС) та 75% (США) — в молочних продуктах [12] (рис. 2).

Вітчизняний ринок харчових інгредієнтів формується в руслі тенденцій світового ринку, але з відчутним відставанням. У 2015 р. ринок харчових ароматизаторів оцінювався в 8,1 млрд дол. США, включаючи ароматизатори фруктового напрямку (50%), пряні аромати (30%), квіткові, оригінальні й інші — 20%. До кінця 2017 р. обсяг ринку може скласти 10,7 млрд дол. США [14].

На жаль, українські виробники практично не використовують сучасних напрацювань і технологій, що існують у світі. З цієї причини держава змушена була допустити на вітчизняний ринок великих іноземних виробників з Бельгії, Німеччини, Данії, Нідерландів, Росії, Франції, які розгорнули тут свої дистриб'юторські мережі. Це компанії «Делер-Україна», «Вільд-Україна», «Етол-Україна», «Ютс-Київ», «Билайт», «Буш Боук Аллен», «Квэст», «Айэфэф», «Живодан Рур», «Драгоко», «Янке», «Кенди-Україна», «Джей Елан», «ДП «Аромат», «Аверс плюс», «Апогей», «Форум ДО». Спостерігається також тенденція зміцнення впливу індійських компаній, які використовують передові західні технології, поєднуючи їх з дешевою робочою силою і сировиною. Згідно з даними митної статистики, імпорт ароматизаторів для промислового виробництва харчових продуктів та напоїв у 2012 р. склав понад 14,8 тис. тонн, а в 2013 — 15,5 тис. тонн. Темпи зростання українського ринку ароматизаторів оцінюються на рівні 10—15% щорічно. У структурі ринку до 84% складають штучні ароматизатори [14].

Водночас маркетологи відзначають, що в останні роки ситуація на вітчизняному ринку ароматизаторів дещо змінилася на користь українських виробників, які купують у міжнародних компаній так звані «ароматичні ключі». На

основі цих ключів складаються комбінації заданого запаху. З натуральних джерел ароматичних речовин виробляються ароматичні емульсії, фруктові наповнювачі.

На вітчизняному ринку велика частина продукції українського походження відноситься до фруктово-ягідних наповнювачів. Загальновизнаним лідером виступає «АгрANA Фрут Україна» (раніше «Поділля-ОБСТ»), яка з травня 2006 р. входить до складу міжнародного концерну Agrana, що об'єднує 26 заводів фруктово-ягідних наповнювачів у різних країнах світу. Разом з тим в Україні відчувається потреба у розробленні конкурентних і безпечних ароматизаторів зі стабільними характеристиками.

При цьому поширення ароматизаторів вітчизняного виробництва ускладнюється низкою факторів, насамперед домінуванням імпортової продукції на ринку вихідної сировини. Також високі вартісні ризики, які можуть супроводжувати виробництво власних ароматизаторів. Вирішенню цих проблем сприятиме орієнтація українських виробників на співпрацю з вітчизняною наукою та ефіроолійним комплексом України.

Розвиток вітчизняного виробництва ароматизаторів має відбуватися на основі сучасних наукових, практичних розробок технологічних процесів перероблення природних джерел ароматичних речовин [8].

Широкого розвитку в усьому світі набуло виробництво концентратів пряно-ароматичних та ефіроолійних рослин, отриманих згущенням екстрактів до 70% сухих речовин. Така продукція, як правило, має тривалий термін зберігання, зручна при транспортуванні, дає змогу створити резерв у разі низького врожаю сировини. Центральним місцем у технологіях концентрованих екстрактів є їхнє відновлення з максимальним збереженням якісного хімічного складу та ароматичних властивостей. З метою компенсації часткової втрати ароматичних речовин при формуванні складу відновленого продукту до нього додають ефірні олії, ароматні спирти або харчові ароматизатори. Отримання якісного, аутентичного аромоконцентрату є стратегією для багатьох компаній і фірм, оскільки поширює асортиментну лінійку продукції з оригінальними смако-ароматичними відтінками, в тому числі на замовлення споживачів.

Цільовий результат отримання якісних натуральних ароматизаторів забезпечує використання процесів фракціонування природної ароматичної сировини.

Удосконалення технології перероблення ефірних олій передбачає вакуумну фракційну розгонку ефірних олій на фракції заданого складу ароматичних компонентів і комбінування отриманих фракцій ефірної олії за масовими співвідношеннями, розрахованими програмним комплексом адекватно наперед встановленим вимогам, що забезпечує отримання серії харчових натуральних ароматизаторів [8].

За удосконаленою технологією перероблення ефірних олій отримано п'ять харчових ароматизаторів з ефірної олії кропу, що засвідчило можливість випуску різноманітного асортименту високоякісних натуральних ароматизаторів, задовольняючи потребу харчової промисловості в них з наданням продукту особливого аромату високої насиченості та поліпшеної стабільності.

У світовій науково-практичній діяльності відчувається дефіцит індивідуальних ароматичних речовин (АР) чистого складу, що обумовлює їх затре-

буваність на внутрішньому ринку України та продажу за кордон. Вказана продукція має цінність як тест-стандарт при ідентифікації складу джерел ароматичних речовин, а також у різнопланових наукових дослідженнях, в тому числі дослідженнях просторової ізомерії. Є зразками для фармакокінетичних і метаболічних досліджень впливу натуральних джерел ароматичних речовин на органи і системи організму людини.

Вченими Національного університету харчових технологій науково обґрунтовано послідовне використання трьох технологічних стадій отримання індивідуальних ароматичних речовин: ректифікації, препаративного виділення та газохроматографічного контролю чистоти складу отриманих АР. Вказані стадії забезпечують керовану розгонку природних джерел аромату на вузькі фракції та подальше препаративне виділення індивідуальних АР чистого складу. Для цього розроблено препаративну колонку, заповнену нерухою фазою ПЕГ6000, порційно нанесеною на секції твердого носія хромосорб А. Такий порядок нанесення нерухої фази на твердий носій забезпечує високу селективність препаративної колонки, скорочення тривалості розділення із одночасним збиранням АР в окремі приймальники з мінімальними втратами [15].

Ефективні режими керованої розгонки джерел аромату на фракції моделюються за способом IMDIS^{AP} і дають змогу без участі ректифікаційної колони керувати режимами отримання фракцій, а також значно скоротити витрати енерго- і матеріальних ресурсів.

Висновки

1. Використання ароматизаторів відбувається практично в усіх галузях харчової промисловості. Поряд з компаніями США, Європи на ринок ароматизаторів виходять промисловці Азіатсько-Тихоокеанського регіону

2. В Україну більшість ароматизаторів ввозять із-за кордону. На вітчизняному ринку велика частина продукції українського походження відноситься до фруктових-ягідних наповнювачів.

3. Отримання якісних натуральних ароматизаторів забезпечує використання процесів фракціонування природної ароматичної сировини; для отримання індивідуальних ароматичних речовин — послідовне використання трьох технологічних стадій: ректифікації, препаративного виділення та газохроматографічного контролю чистоти складу отриманих АР, а також адсорбційно-десорбційні процеси вловлювання АР, в тому числі фруктового напрямку.

Література

1. Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and the Council of 16 December 2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending Council Regulation (EEC) No 1601/91, Regulations (EC) No 2232/96 and (EC) No 110/2008 and Directive 2000/13/EC.

2. Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів» № 771/97-ВР від 23.12.1997. Офіційний вісник України. 1998. № 3. 13 с.

3. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини» № 2809-IV від 06.09.2005. Відомості Верховної Ради України. 2005. № 50. 533 с.

4. Food Flavour Technology / J. Andrew et al. New Jersey: Wiley-Blackwell. 2010. 351 p.
5. Grundschober F. European and International Flavour Regulations. Instrumental analysis of food. 2002. № 5. P. 1—16.
6. Generally Recognized as Safe (GRAS) / US Food and Drug Administration. URL: <https://www.fda.gov/food/ingredientspackaginglabeling/gras/>.
7. Substances Generally Recognized as Safe, Final Rule / US Food and Drug Administration. URL: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2016-08-17/pdf/2016-19164.pdf>.
8. Фролова Н.Е. Теоретичне обґрунтування і розроблення технологій натуральних концентрованих ароматизаторів із ефіроолійної сировини: автореф. дис. д-ра техн. наук: спец. 05.18.06 «Технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів»; НУХТ. К., 2017. 48 с.
9. Ziegler H. Flavourings. Production, composition, application, regulation. Second edition. Berlin: Wiley-VCH, 2007. 811 p.
10. Нечаев А.П., Семёнова П.А., Коткова Т.В. Пищевые добавки, ароматизаторы и технологические вспомогательные средства при производстве. *Молочная промышленность*. 2013. № 3. С. 52—55.
11. The Freedonia Group — The First Choice In Industry Research. URL: <https://www.freedoniagroup.com/Flavors-And-Fragrances.html> /.
12. Шелавина Е. Исследования компании «Файн Ингредиенты»: Тенденции мирового и отечественного рынка ароматизаторов. Погружаясь в ароматы мира. URL: <http://chin-ru.com/rynok-aromatizatorov/>.
13. Delachenal C. Company contacts now in Trade Map. International Trade Centre. Market Analysis and Research section. 2014. P. 31—38.
14. Державна служба статистики України, офіційний веб-сайт <http://www.ukrstat.gov.ua/>, © Держстат України, 2005—2015. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
15. Фролова Н.Е. Препаративне виділення індивідуальних ароматичних компонентів ефірної олії кмину. *Ukrainian Food Journal*. 2012. № 1. С. 62—65.

INFLUENCE OF MALTITOL, ISOMALTITOL, ERYTHRITOL ON THE FORMATION OF GLUTEN COMPLEX

V. Dorohovych, A. Donets, V. Sulyma, T. Doroshenko

National University of Food Technologies

Key words:

Diabetes mellitus
Sugar substitutes
Maltitol
Isomaltitol
Erythritol
Gluten
Gingerbread

Article history:

Received 06.03.2019
Received in revised form
27.03.2019
Accepted 04.04.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The expediency of development of pastry products with the use of sugar substitutes is shown and the results of the research of influence of sugar substitutes – polyols on gluten complex are given in the article. The purpose of the study is to determine the effects of maltitol, erythritol on the gluten complex and to specify the results regarding the effect of isomaltol. The objects of the study were model systems of wheat flour, sugar and sugar substitutes at dose levels of 20% and 30% by weight of wheat flour.

Gluten was washed manually and examined according to the following indices: mass fraction of raw gluten, elasticity (index of FDM), elongation, hydrational ability. It has been established that maltitol, isomaltitol, erythritol as well as sugar cause a mass fraction of wet gluten, decline in the FDM hydrational ability and elasticity that contribute to some strengthening of gluten. FDM index that the most objectively describes the gluten strength, when using sugar and sugar substitutes in an amount of 20% and 30% by weight of wheat flour decreases in samples with sugar by 4...7%, with isomaltitol — by 7...10%, with maltitol — by 8...11%, with erythritol — by 7...10%. The indicated effect of white sugar and sugar substitutes — polyols may be explained by their dehydration properties. The difference in action of sugar and sugar substitutes — polyols: maltitol, isomaltitol, erythritol on the formation of gluten is moderated, which makes it possible to predict the possibility of their use in the technology of different groups of pastry products, including gingerbread. Development of technologies of pastry products using maltitol, isomaltitol, erythritol, with low and very low glycemic index will help to expand the range variety of products that patients with diabetes can consume.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-28

ВПЛИВ МАЛЬТИТОЛУ, ІЗОМАЛЬТИТОЛУ, ЕРИТРИТОЛУ НА ФОРМУВАННЯ КЛЕЙКОВИННОГО КОМПЛЕКСУ

В.В. Дорохович, А.С. Донець, В.С. Сулима, Т.В. Дорошенко

Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано доцільність розроблення борошняних кондитерських виробів із застосуванням цукрозамінників і наведено результати

дослідження впливу цукрозамінників-поліолів на клейковинний комплекс. Метою дослідження є встановлення впливу мальтитолу, еритритолу на клейковинний комплекс та уточнення даних щодо впливу ізомальтитолу. Об'єктом дослідження були модельні системи з пшеничним борошном, цукром білим і зазначеними цукрозамінниками при дозуванні їх 20% та 30% до маси пшеничного борошна.

Клейковину відмивали вручну та досліджували за такими показниками: масова частка сирової клейковини, пружність (показник ІДК), розтяжність, гідратаційна здатність. Встановлено, що мальтитол, ізомальтитол, еритритол, як і цукор білий, спричиняють зменшення масової частки сирової клейковини, зниження показника ІДК, гідратаційної здатності та розтяжності, тобто сприяють укріпленню клейковини. Показник ІДК, який найбільш об'єктивно характеризує міцність клейковини, при застосуванні цукру та цукрозамінників у кількості 20% та 30% до маси пшеничного борошна знижується у зразках з цукром на 4...7%, з ізомальтитолом — 7...10%, з мальтитолом — 8...11%, з еритритолом — 7...10%. Зазначений вплив цукру білого та цукрозамінників-поліолів може бути пояснений їх дегідратаційними властивостями. Відмінність у дії цукру і цукрозамінників: мальтитолу, ізомальтитолу, еритритолу на формування клейковини помірна, що дає можливість прогнозувати можливість їх застосування в технології різних груп борошняних кондитерських виробів, зокрема пряників. Розроблення технологій борошняних кондитерських виробів із застосуванням мальтитолу, ізомальтитолу, еритритолу, що мають низький та дуже низький глікемічний індекс, сприятиме розширенню асортименту виробів, які можуть споживати хворі на цукровий діабет.

Ключові слова: цукровий діабет, цукрозаміники, мальтитол, ізомальтитол, еритритол, клейковина, пряники.

Постановка проблеми. Нині в усьому світі спостерігаються тенденції до збільшення захворюваності на цукровий діабет.

Цукровий діабет — це хронічне захворювання, яке призводить до порушення вуглеводного, білкового та жирового обміну, що обумовлено нестачею в організмі гормону інсуліну. Із захворюванням на цукровий діабет були знайомі лікарі Стародавнього Єгипту, Месопотамії, Греції, Риму, середньовічної Європи та східних країн [1]. Однак збільшення захворюваності на цукровий діабет спостерігається в останнє сторіччя, особливо в теперішній час. Медики прогнозують приріст захворюваності до 2030 року на цукровий діабет в Україні на 85% порівняно з 2015 роком [2; 3]. Це обумовлює необхідність розроблення кондитерських виробів, зокрема пряників, які б могли споживати хворі на цукровий діабет та особи з порушеною толерантністю до глюкози. В таких виробках потрібно застосовувати альтернативні до цукру солодкі речовини, які мають низький глікемічний індекс і дозволені до споживання хворим на цукровий діабет.

Борошняні кондитерські вироби (БКВ) відомі людству ще з давніх часів. Сьогодні їх виготовляють на кондитерських фабриках, у кондитерських цехах

хлібокомбінатів, пекарнях тощо. До БКВ відносять печиво, пряники, кекси, мафіни, вафлі, рулети, торти, тістечка. Потрібно зазначити, що, наприклад, торти та тістечка можуть виготовлятися на основі різних борошняних напівфабрикатів: бісквітний, пісочний тощо. Асортимент БКВ різноманітний, для їх виготовлення застосовують різні види тіста, які мають технологічні відмінності. А саме: різний рецептурний склад, різні умови приготування тіста, термооброблення тощо. Однак в усіх борошняних кондитерських виробках основною сировиною є борошно та цукор або цукрозамінники у виробках спеціального призначення. До борошна, що застосовується для виробництва борошняних кондитерських виробів, висувається низка вимог, одна з яких стосується кількості та якості клейковини. Так, для виготовлення вафель рекомендовано використовувати борошно із слабкою клейковиною, масова частка якої не більше 32%, для цукрового печива підійде борошно з кількістю клейковини 28...36% (слабкої та середньої), для пряників — борошно, в якому 32...34% сирієї клейковини [4]. На формування клейковинного комплексу в тісті для БКВ впливають наявні в них рецептурні інгредієнти, зокрема цукор. Цукор обмежує набухання білків борошна, здійснює дегідратаційний вплив, що відображується на кількісних і якісних показниках клейковини. Застосування цукрозамінників також може впливати на стан клейковинного комплексу, відповідно, це буде мати вплив на структурні показники тістових мас і готових виробів. Тому визначення впливу цукрозамінників на формування клейковинного комплексу є доцільним.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Основною традиційною речовиною, яка обумовлює солодкий смак пряників, є цукор. Цукор при виробництві пряників виконує роль не тільки носія солодкого смаку, а й структуроутворювача. Для того, щоб борошняні кондитерські вироби, зокрема пряники, можна було споживати хворим на цукровий діабет, потрібно виключити з рецептурного складу цукор і застосувати цукрозамінники, які мають низький і дуже низький глікемічний індекс. До таких цукрозамінників відносяться ізомальтитол, мальтитол, еритритол [5; 6].

У [7] визначено вплив сорбітолу на колоїдно-хімічні, структурно-механічні та теплообмінні властивості розчинів і тістових мас різної структури. У [8] досліджено процес піноутворення свіжого та сухого яєчного білка: кінетика піноутворення, стійкість піни та вплив на неї лактитолу й ізомальтитола. У [9] визначено вплив лактитолу та фруктози на в'язкість розчинів, формування клейковинного комплексу, структурні властивості модельних тістових мас на пшеничному борошні. Групою авторів визначено технологічні (поверхневий натяг, температуру плавлення, сорбційно-десорбційні властивості, вплив на піноутворювальну здатність меланжу) властивості цукрозамінників-поліолів: сорбітолу, лактитолу, ізомальтитола, мальтитола, еритритолу [10].

Мальтитол, ізомальтитол, еритритол відносяться до цукрозамінників «нового покоління» і кожен з них має певні позитивні властивості [5; 6].

Ізомальтитол характеризується дуже низьким глікемічним індексом — 9%, має відносно низьку калорійність — 2,4 ккал/г. Однак солодкість його значно менша, ніж у цукру — 0,5 SES. Мальтитол має значно вищий глікемічний індекс — 30%. У той же час він характеризується явно вираженим солодким

смаком — 0,9 SES. Еритритол має практично нульовий глікемічний індекс та дуже низьку калорійність ~ 0,2 ккал, досить виражений солодкий смак — 0,65...0,75 SES, що робить його перспективним заміником цукру.

За результатами наших досліджень встановлена потенційна можливість застосування зазначених цукрозамінників при виготовленні пряників.

В утворенні структури пряничного тіста досить значна роль припадає на білкові речовини пшеничного борошна, які утворюють клейковинний каркас. Формування клейковинного каркасу є одним з факторів, що обумовлює структуру пряничного тіста і, відповідно, готових виробів.

Метою досліджень є визначення впливу цукрозамінників поліолів мальтитулу, еритритолу на формування клейковинного комплексу та уточнення впливу ізомальтитулу. Дослідження з визначення впливу ізомальтитулу на формування клейковинного комплексу доцільно було повторно провести з точки зору коректного проведення досліджень (в однакових умовах, з однією сировиною) з метою прогнозування можливості їх використання в технології пряників.

Матеріали і методи. Клейковину з досліджуваних моделей відмивали вручну за традиційною методикою, температура води 18°C. Досліджувалися такі моделі:

- борошно-вода (контроль).
- борошно-вода-цукор білий,
- борошно-вода-мальтитол,
- борошно-вода-ізомальтитол,
- борошно-вода-еритритол.

Викладення основних результатів досліджень. Клейковина в основному складається з гліадіну та глютеніну, які нерозчинні у воді. «Сила» борошна значною мірою обумовлюється якісними показниками клейковини і, у свою чергу, впливає на структурно-механічні властивості тіста. Структурно-механічні властивості тіста впливають на якість технологічного процесу (наприклад, замішування тіста, формування тістових заготовок) і якісні показники випечених борошняних кондитерських виробів, зокрема пряників. На формування клейковинного комплексу значною мірою впливає цукор. У разі застосування цукрозамінників вони також будуть впливати на формування клейковини, що певною мірою обумовлює структурні властивості пряничного тіста.

Результати досліджень впливу цукрозамінників на клейковинний комплекс наведено в таблиці. Кількість цукру білого та цукрозамінників у наведених дослідах 20% та 30% до маси пшеничного борошна вищого сорту.

Таблиця. Вплив цукрозамінників на формування клейковинного комплексу

Досліджувана модель	Масова частка клейковини, %	Показник приладу ІДК 2, од. прил	Гідратаційна здатність, %	Розтяжність, см
1	2	3	4	5
Борошно-вода	33,7	74	206	14,0
20% цукру білого та цукрозамінників				

1	2	3	4	5
Борошно-цукор-вода	31,7	71	202	13,1
Борошно-ізомальтитол-вода	32,1	69	201	12,5
Борошно-мальтитол-вода	30,1	68	185	12,1
Борошно-еритритол-вода	32,5	69	194	12,7
30% цукру білого та цукрозамінників				
Борошно-цукор-вода	29,8	69	198	12,9
Борошно-ізомальтитол-вода	30,1	67	198	11,9
Борошно-мальтитол-вода	28,8	66	183	11,0
Борошно-еритритол-вода	31,2	67	196	12,3

Аналіз отриманих даних показує, що за умови використання цукру та цукрозамінників масова частка клейковини, її гідратаційна здатність і розтяжність зменшуються, відбувається незначне укріплення клейковини. Така тенденція спостерігається при дозуванні цукру та цукрозамінників 20% та 30%, у разі дозування 30% вона більш виражена.

Якщо досліджувані показники моделі борошно-вода прийняти за 100%, то зменшення масової частки сирової клейковини в моделях з цукром складе 88...94%, з ізомальтитолом — 89...95%, з мальтитолом — 85...89%, з еритритолом — 92...96%. Тобто досліджувані моделі (у міру зменшення масової частки клейковини) можна розташувати таким чином: модель з еритритолом > модель з ізомальтитолом > модель з цукром > модель з мальтитолом. Зниження масової частки клейковини може бути пояснена дегідратуючою здатністю цукрозамінників і цукру.

У разі застосування цукрозамінників, як і цукру білого, відмічається зниження значення показників ІДК, що свідчить про укріплення клейковини. Так, при застосування цукру та цукрозамінників у кількості 20% та 30% до маси пшеничного борошна відбувається зниження показників ІДК у зразках з цукром на 4...7%, з ізомальтитолом — 7...10%, з мальтитолом — 8...11%, з еритритолом — 7...10%. Зниження показника ІДК свідчить про укріплення структури клейковини.

Гідратаційна здатність клейковини та її розтяжність у разі застосування цукрозамінників і цукру також знижується, що пов'язано з укріпленням структури клейковини й узгоджується з даними, отриманими за допомогою ІДК. Встановлені тенденції щодо впливу ізомальтитолу на кількість сирової клейковини та її якісні показники узгоджуються з результатами попередніх досліджень.

Вплив цукру та цукрозамінників на формування клейковинного комплексу можна пояснити так: під час замішування тіста на пшеничному борошні гліадин і глютенін набухають та утворюють клейковинний каркас. Набухання відбувається ступінчасто і в результаті відбувається дифузія молекул води в середину міцел колоїдів. У воді в розчиненому стані знаходяться (відповідно

до досліджуваних моделей) цукор білий, ізомальтитол, мальтитол, ерититол. Міцели колоїдів можна розглядати, як осмотичну комірку, всередині якої є низькомолекулярні розчинні фракції, завдяки чому виникає надлишковий осмотичний тиск і відбувається проникнення води в середину міцел. Осмотичний тиск залежить від концентрації низькомолекулярної фракції в середині міцел і від концентрації розчину, який знаходиться ззовні міцел. Кількість води, яку поглинають міцели колоїдів, буде залежати як від концентрації низькомолекулярної фракції всередині міцел, так і від концентрації розчинів зовні. Найбільшу набухлість міцели колоїдів будуть мати тоді, коли для замішування тіста використовується чиста вода, а не розчин цукру або цукрозамінника (контрольний зразок — борошно вода).

Наведені дані показують, що на утворення клейковинного комплексу надходить менша кількість води і тому міцність клейковини при додаванні цукрозамінників та цукру буде більшою, ніж у контрольної моделі. Це пояснює і те, чому гідратація клейковини та її розтяжність найбільша у контрольного зразка.

Висновки

Отже, вплив цукрозамінників на формування клейковинного комплексу за якісною ознакою аналогічний до впливу цукру білого, а за кількісною характеристикою він відрізняється, однак відмінність ця помірна, що дає змогу прогнозувати можливість використання цукрозамінників у виробництві різних груп борошняних кондитерських виробів, зокрема пряників.

Література

1. Астамирова Х., Ахманов М. Настольная книга диабетика. Москва, 2001. 400 с.
2. Міжнародна Діабетична Федерація (IDF). URL: <http://www.idf.org>.
3. IDF Diabetes Atlas. 2015. 4 th ed. Online version of IDF Diabetes Atlas: www.idf.org/diabetesatlas.
4. Драгилев А.И., Сезанаев Я.М. Производство мучных кондитерских изделий : учебное пособие. Москва, 2000. 448 с.
5. Корпачов В.В. Сахара и сахарозаменители. Киев, 2004. 320 с.
6. Cambridge university press. URL: <https://www.cambridge.org/.../div-class-title-tolerance-to-low>.
7. Полищук Т.Я. Разработка рациональных технологий производства диабетических мучных кондитерских изделий: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.18.01. Киев, 1990. 24с.
8. Прилуцька Л.П. Удосконалення технологій білково-збивного печива на основі цукрозамінників : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.18.01. Київ, 2010. 20с.
9. Яременко О.М. Удосконалення технології печива шляхом зниження глікемічності, калорійності та покращення фізіологічної цінності: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.18.01 Київ, 2010. 20 с.
10. Дорохович А.М., Дорохович В.В., Мурзін А.В., Бадрук В.В., Абрамова А.Г., Єстремська Я.С. Фізико-хімічні, технологічні, фізіологічні властивості поліолів та цукрі. Харчова наука і технологія. 2013. № 1(22). С. 73—76.

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF THE COMPOSITION OF THE SOUR CREAM PRODUCT

I. Ustymenko, G. Polischuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Food emulsion
Technology
Milk fat substitute
Sour cream product
Milk-based product*

Article history:

Received 11.03.2019
Received in revised form
27.03.2019
Accepted 19.04.2019

Corresponding author:

I. Ustymenko

E-mail:

ustymenko_igor@ukr.net

ABSTRACT

In the article the composition of a new type of sour cream product of high quality is scientifically substantiated. Sour cream product is intended to be normalized with aggregate-resistant food emulsions with a fat content from 30 to 50% on the basis of milk fat substitute that does not contain fatty trans-isomers that are harmful to the human organism. Food emulsions with an average diameter of fatty balls of no more than 2 μm and 100% stability were obtained using a homogenizer-dispersant of a valve type. To stabilize the fat phase of food emulsions emulsifying system (sodium caseinate + polihlitsyrynu esters and fatty acids) was used.

It has been scientifically proven that for the normalization of the sour cream product with a mass fraction of fat 10% food emulsions with a fat content from 30 to 50% can be used. At the same time, a range of fat content in food emulsions in the sour cream product with fat mass fraction from 15 to 20% should be narrowed to 40—50% for high efficiency of the fermentation of lactose and protein dense clot formation.

It was established that with increasing mass fraction of fat sour cream product over 20% of observed deterioration of organoleptic characteristics, including product loses strength, becomes a liquid, non-uniform in consistency with the formation of agglomerates of fat globules.

The new type of sour cream product is characterized by high organoleptic and physico-chemical parameters. Developed basic formulation of a new type of sour cream product with fat mass fraction from 10 to 20%, which is recommended for broad implementation.

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДУ СМЕТАННОГО ПРОДУКТУ

І.М. Устименко, Г.Є. Поліщук

Національний університет харчових технологій

У статті науково обгрунтовано склад нового виду сметанного продукту підвищеної якості. Продукт сметанний передбачено нормалізувати харчовими емульсіями жирністю від 30 до 50% на основі замітника молочного жиру, що не містить у своєму складі шкідливих для організму транс-ізомерів жирних кислот. Харчові емульсії з середнім діаметром жирових кульок не більше 2 мкм та стійкістю 100% одержували за допомогою гомогенізатора-диспергатора клапанного типу. Для стабілізації жирової фази харчових емульсій застосовували емульгувальний комплекс (казеїнат натрію+ефіри полігліцирину та вищих жирних кислот).

Науково доведено, що для нормалізації продукту сметанного з масовою часткою жиру 10% можна застосовувати харчові емульсії жирністю від 30 до 50%. У той же час діапазон вмісту жиру в харчових емульсіях у складі продукту сметанного з масовою часткою жиру від 15 до 20% має бути звужений до 40—50 % для забезпечення високої ефективності процесу зброджування лактози та утворення щільного білкового згустка. Встановлено, що з підвищенням масової частки жиру у продукті сметанному понад 20% спостерігається погіршення органолептичних показників, зокрема продукт втрачає в'язкість, стає рідким, неоднорідним за консистенцією з утворенням агломератів жирових кульок.

Новий вид сметанного продукту відрізняється високими органолептичними та фізико-хімічними показниками. Розроблено базові рецептури нового виду сметанного продукту з масовою часткою жиру від 10 до 20%, які рекомендовано до широкого впровадження.

Ключові слова: харчова емульсія, технологія, замітник молочного жиру, продукт сметанний, продукт молоковісний.

Постановка проблеми. Натепер проблема ресурсозбереження є актуальним завданням у молочній промисловості і набуває все більшої значимості в умовах зменшення обсягів виробництва молока-сировини і зростаючого попиту на молочні продукти [1]. Саме тому стрімко розвиваються технології молоковісних продуктів, що дає змогу забезпечувати різні соціальні групи споживачів повноцінними продуктами харчування [2; 3].

Водночас в Україні спостерігається так звана «західна» структура харчування населення, яка протилежна традиційній, що включає в раціон м'ясні, солоні, смажені продукти харчування та іншу висококалорійну їжу [4].

Натомість доведено негативний вплив вказаної структури харчування на бактеріальний баланс в організмі людини. В результаті такого харчування мікрофлора кишечника починає конфліктувати з імунною системою, в ре-

зультаті чого зростає ризик автоімунних захворювань [5]. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є включення в раціон харчування кисломолочних продуктів, що містять пробіотики як позитивний чинник впливу на мікрофлору кишечника [6].

До поживних і корисних молочнокислих продуктів можна віднести сметану, яка є харчовою структурованою дисперсною системою. Молочний жир відіграє найвагомішу роль у структуруванні сметани, оскільки за низьких температур його високоплавкі фракції кристалізуються, що обумовлює підвищення міцності структурного каркаса і в'язкості готового продукту [7].

Під час розробки нових видів молокозмісних продуктів як аналогів продуктів традиційного складу слід використовувати жири немолочного походження, які за органолептичними та фізико-хімічними показниками наближаються до молочного жиру. Тому для здешевлення продукції, за умови збереження показників якості, у складі молокозмісних продуктів, зазвичай, використовують замітники молочного жиру (ЗМЖ), які отримують шляхом спеціальної обробки (рафінації, гідрогенізації, переетерифікації) рідких рослинних олій для отримання твердих жирів пластичної консистенції [8].

Проте питання щодо вмісту транс-ізомерів жирних кислот (ТІЖК) у складі продуктів харчування набуло особливої уваги, оскільки за гідрогенізації жирів з метою одержання маргаринів і ЗМЖ, а також використання фритюрних жирів з високими температурами плавлення, вміст транс-ізомерів у кінцевому продукті може досягати 48% і більше [9].

Експерти ФАО/ВООЗ рекомендують обмежувати вміст ТІЖК для продукції жирової промисловості — в межах 5%, а у складі харчових продуктів для населення — не більше 2%. У 2003 р. було рекомендовано знизити рівень споживання ТІЖК до 1% від добової норми раціону, а у 2009 р. — повністю виключити їх із раціону харчування у країнах Європи [10].

У багатьох європейських країнах для отримання ЗМЖ переважно використовують метод переетерифікації, а не гідрогенізації рослинних олій. Переетерифікація — це альтернативний процес модифікації жирової основи, що не містить ТІЖК, на відміну від методу гідрогенізації [11].

ЗМЖ, отримані методом переетерифікації рослинних жирів, мають високу пластичність і здатність кристалізуватися, що дає змогу максимально наблизити замітник молочного жиру до молочного жиру за реологічними властивостями [8].

Тому застосування ЗМЖ, одержуваних методом переетерифікації олій, забезпечує підвищення якості молокозмісних продуктів, зокрема такого продукту, як сметана.

Ще одним підтвердженням необхідності удосконалення існуючих технологій продуктів сметанних є те, що для одержання молочно-рослинних сумішей перед сквашуванням розплавлені жирові компоненти диспергують у знежиреному молоці шляхом перемішування або гомогенізації всього об'єму молочно-рослинних систем. У разі диспергування немолочних жирів шляхом перемішування готовий продукт матиме незадовільні органолептичні та фізико-хімічні показники якості внаслідок вмісту деемульгованого жиру й агрегатів жирових кульок. Тому доволі часто для формування і стабілізації

структури молоковісних продуктів використовують стабілізатори, підвищуючи таким чином собівартість готової продукції [12].

Водночас гомогенізація всього об'єму молочно-рослинної суміші призводить до високих енерговитрат і подовження тривалості виробничого процесу.

Враховуючи вищевказане, доволі актуальним є створення нового виду сметанного продукту, нормалізованого за вмістом жиру агрегативно стійкими харчовими емульсіями, що дасть змогу виключити з технологічної схеми гомогенізацію усього об'єму молочно-рослинної суміші за одночасного отримання готового продукту високої якості.

Метою дослідження є наукове обґрунтування складу сметанного продукту підвищеної якості.

Матеріали і методи. Для вирішення поставленого завдання як жирову фазу для сметанного продукту обрано розроблені авторами харчові емульсії жирністю 30, 40 та 50%, стабілізовані емульгувальним комплексом «казеїнат натрію + ефіри полігліцирину та вищих жирних кислот». Застосування нормалізаційних харчових емульсій дасть змогу виключити з технологічної схеми гомогенізацію молочно-рослинної суміші та скоротити тривалість технологічного процесу. Агрегативно стійкі харчові емульсії, які отримували за допомогою двоступеневого гомогенізатора клапанного типу, рівномірно розподіляються у молочно-рослинних сумішах і забезпечують формування відмінних органолептичних та фізико-хімічних показників якості готового продукту [13].

Як жирову фазу емульсії обрано продукт ферментативної етерифікації олій — замінник молочного жиру «Віолія-молжир 3», що не містить ТІЖК. Оскільки температура плавлення обраного ЗМЖ (близько 32°C) дещо перевищує температуру плавлення молочного жиру, цей жировий компонент ефективно структуруватиме сметаний продукт.

Як молочну основу використовували знежирене молоко згідно з ДСТУ 3662:2015 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови».

Для заквашування молочно-рослинних сумішей використовували заквашувальний препарат «Провіт-ССК», виготовлений згідно з ТУ У 15.5-00419880-100:2010 «Культури заквашувальні сухі та рідкі. Технічні умови».

Титровану кислотність визначали нормативним методом відповідно до ГОСТ 3624. Органолептичні показники зразків сметанного продукту визначали проведенням дегустаційної оцінки за 10-бальною шкалою.

Результати і обговорення. На першому етапі наукової роботи обґрунтовано рецептурний склад такого продукту, як сметана на основі нормалізованих сумішей: знежирене молоко+харчова емульсія. Зразки продукту типу сметани готували жирністю 10, 20, 30 та 40%.

У класичній технології сметани саме лактоза забезпечує процес молочно-кислого бродіння й отримання кисломолочного продукту з титрованою кислотністю 60—80°Т відповідно до нормативних вимог.

Джерелом лактози у нормалізованих молочно-рослинних сумішах з харчою емульсією може бути знежирене молоко або відновлене сухе знежирене молоко. Оскільки харчові емульсії безлактозні, то за збільшення їх вмісту в нормалізованих сумішах масова частка лактози буде суттєво зменшуватися.

Це можна довести розрахунковим способом на основі даних щодо середнього хімічного складу сметани жирністю від 10 до 40% (табл. 1).

Згідно з даними табл. 1, мінімальний вміст білка та лактози у сметані жирністю 10—40% має бути не меншим за 2,7%. Якщо вміст лактози та білка в знежиреному молоці прийняти у середньому на рівні 4,9 та 3,0%, можна розрахувати масову частку рецептурних компонентів у складі сумішей з метою максимального наближення вмісту білка і лактози до хімічного складу сметани.

Таблиця 1. Середній хімічний склад сметани [14]

Масова частка жиру, %	Вміст основних речовин, г на 100 г продукту			
	Вода	Білки	Жири	Лактоза
10	82,0	2,7	10,0	3,9
15	77,5	2,6	15,0	3,6
20	72,8	2,5	20,0	3,4
25	68,2	2,4	25,0	3,2
30	63,5	2,3	30,0	3,1
35	57,8	2,2	35,0	2,9
40	52,5	2,1	40,0	2,7

Рецептурний і хімічний склад нормалізованих сумішей наведено у табл. 2 і 3. Згідно з табл. 2 для складання нормалізованих сумішей з вмістом жиру від 10 до 20% цілком можливе використання харчових емульсій жирністю від 30 до 50%. Для складання нормалізованої суміші жирністю 30% використання харчової емульсії подібної жирності неможливе.

Таблиця 2. Рецептурний склад молоковісних сумішей для сквашування, кг на 1000 кг

Рецептурні компоненти	Масова частка жиру нормалізованої суміші, %											
	10			20			30			40		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Знежирене молоко	667,0	750,0	800,0	333,0	500,0	600,0	—	250,0	400,0	—	—	200,0
Емульсія, м.ч.ж. 30%	333,0	—	—	667,0	—	—	1000,0	—	—	—	—	—
Емульсія, м.ч.ж. 40%	—	250,0	—	—	500,0	—	—	750,0	—	—	1000,0	—
Емульсія, м.ч.ж. 50%	—	—	200,0	—	—	400,0	—	—	600,0	—	—	800,0
Всього	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Таблиця 3. Хімічний склад нормалізованих сумішей для сквашування

Найменування	Масова частка жиру, %		
	30	40	50
1	2	3	4
Нормалізована суміш з м.ч.ж.10%			
Блок	3,0	3,0	3,0

1	2	3	4
СЗМЗ, в тому числі:	6,81	7,19	7,44
лактоза	3,14	3,53	3,76
Нормалізована суміш з м.ч.ж. 20%			
Білок	3,0	3,0	3,0
СЗМЗ, в тому числі:	5,02	5,89	6,41
лактоза	1,56	2,35	2,82
Нормалізована суміш з м.ч.ж.30%			
Білок	—	3,0	3,0
СЗМЗ, в тому числі:	—	—	5,94
лактоза	—	—	2,41
Нормалізована суміш з м.ч.ж.40%			
Білок	—	—	3,0
СЗМЗ, в тому числі:	—	—	5,21
лактоза	—	—	1,98

З цієї ж причини неможливе використання емульсії з м.ч.ж. 30 та 40% для складання нормалізованої суміші з вмістом жиру 40%. Тому за результатами розрахунку хімічного складу нормалізованих сумішей з м.ч.ж. 30 та 40% було зроблено висновки щодо обмеження можливості їх застосування у складі продукту типу сметани підвищеної жирності.

У табл. 3 темним тлом виокремлені значення вмісту лактози, які забезпечують одержання нормативних фізико-хімічних показників продукту сметанного.

Розрахунковим методом підтверджено можливість сквашування нормалізованих сумішей з м.ч.ж. 10% та 20% з одержанням згустка з титрованою кислотністю від 60°Т за необхідного вмісту білка і лактози (не менше 3% та 2,5% відповідно), тоді як сквашування нормалізованих сумішей з м.ч.ж. 30% та 40% унеможлиблює отримання згустка з кислотністю від 60°Т, що слід перевірити експериментально.

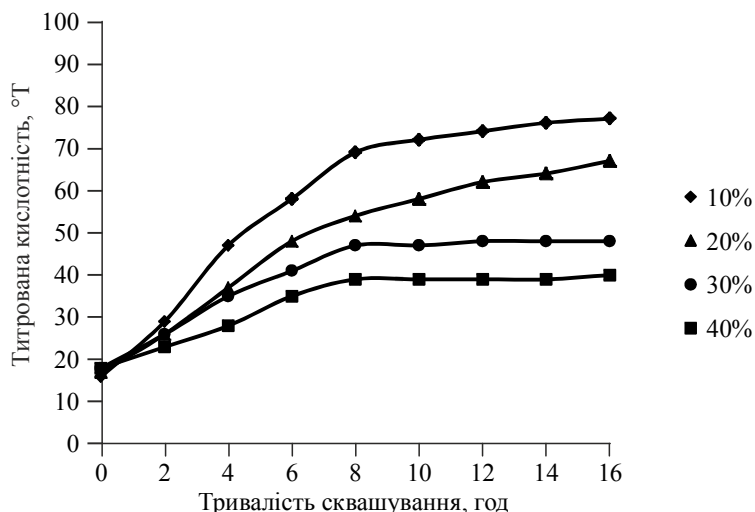


Рис. Титрована кислотність нормалізованих молоковісних сумішей різної жирності в процесі сквашування

На наступному етапі дослідні зразки молочно-рослинних сумішей заквашували бактеріальним препаратом для виробництва сметани «Іпровіт-ССК», що містить *Lactococcus lactis ssp.*, *Lactis Lactococcus lactis ssp.*, *Cremoris Lactococcus lactis ssp.*, *Diacetilactis Streptococcus salivarius ssp. Thermophiles*. Заквашені суміші витримували у термостаті за температури заквашування $26 \pm 2^\circ\text{C}$ впродовж 16 год.

Титровану кислотність у згустках контролювали через кожні 2 години. На рисунку наведені значення титрованої кислотності нормалізованих сумішей впродовж процесу сквашування.

У результаті проведеного дослідження з'ясовано, що:

- продукт сметанный з масовою часткою жиру 10% можна одержувати у разі застосування емульсій жирністю від 30 до 50%, оскільки за 8 год сквашування досягається мінімально необхідна титрована кислотність (60°T) згустка;
- за підвищення вмісту жиру у сметанному продукті до 15—20% рекомендований діапазон жирності емульсій у його складі звужується до 40—50%;
- сметанный продукт з м.ч.ж. понад 20% неможливо отримати через те, що за тривалості сквашування до 16 год титрована кислотність згустка становить менше 60°T .

Органолептичні та фізико-хімічні показники зразків сметанного продукту різної жирності представлено у табл. 4.

Таблиця 4. Органолептичні та фізико-хімічні показники зразків сметанного продукту

Показники	Масова частка жиру, %			
	10	20	30	40
Зовнішній вигляд і консистенція	Однорідна маса з глянуватою поверхнею, густа		Неоднорідна, недостатньо густа з пухирцям повітря та грудочками жиру	Неоднорідна, рідка з пухирцям повітря та грудочками жиру
Смак і запах	Чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів			
Колір	Білий з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою		Кремовий, нерівномірний за всією масою	
Фізико-хімічні показники				
Титрована кислотність, $^\circ\text{T}$.	63,5 \pm 2,5	65,0 \pm 3,1	42,0 \pm 2,1	47,5 \pm 1,9

Відповідно до результатів дослідження встановлено, що з підвищенням масової частки жиру у сметанному продукті суттєво погіршуються органолептичні показники. Зокрема, сметанный продукт з м.ч.ж. понад 20% втрачає в'язкість, стає рідким, неоднорідним за консистенцією з утворенням агломератів жирових кульок.

Встановлено певне обмеження щодо застосування харчових емульсій різної жирності у сумішах для сквашування через нестаток у їх складі СЗМЗ та лактози, які забезпечують формування показників якості продукту типу сметани.

На наступному етапі дослідження розроблено базові рецептури сметанного продукту з масовою часткою жиру від 10 до 20% (табл. 5).

Таблиця 5. Базові рецептури сметанного продукту, кг на 1000 кг

Рецептурні компоненти	Масова частка жиру продукту, %					
	10			20		
	1	2	3	4	5	6
Знежирене молоко (СЗМЗ=9%)	667,0	750,0	800,0	333,0	500,0	600,0
Емульсія (м.ч.ж. 30%)	333,0	—	—	667,0	—	—
Емульсія (м.ч.ж. 40%)	—	250,0	—	—	500,0	—
Емульсія (м.ч.ж. 50%)	—	—	200,0	—	—	400,0
Всього	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Основним результатом проведеного дослідження є науково обґрунтований склад нового виду сметанного продукту з належними органолептичними та фізико-хімічними показниками.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні рецептур нового виду сметанного продукту з використанням гетерогенних наповнювачів, розрахунку харчової цінності нового виду продукту сметанного та дослідження його показників якості впродовж зберігання.

Висновки

За результатами наукових досліджень доведено можливість застосування харчових емульсій жирністю від 30 до 50% на основі замітника молочного жиру, що виготовляється методом ензимної переетерифікації, у складі сметанного продукту.

За органолептичними та фізико-хімічними показниками нового виду продукту сметанного розроблено базові рецептури продукту сметанного з масовою часткою жиру від 10 до 20%, які рекомендовано до впровадження.

Література

1. Грек О.В., Лихолат О.С. Аспекти ресурсозбереження в молочній галузі. *Молокопереробка*. 2012. № 5(80). С. 20—23.
2. Harris W.S. (2008). The omega-3 index as a risk factor for coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 87, 1997-2002
3. Gibson G.R. & Williams C.M. (2000). Functional food: concept to product. *CRC Press, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England*, 356 p.
4. Haskey N & L. Gibson, D. (2017). An Examination of Diet for the Maintenance of Remission in Inflammatory Bowel Disease. *Nutrients*, 9, 259
5. Myles I. (2014). Fast food fever: reviewing the impacts of the Western diet on immunity. *Nutrition Journal*, 13, 61.
6. Макарова Е. В., Текутьева Л. А., Фищенко Е. С., & Сон, О. М. (2012). Разработка рецептуры мягкого мороженого с про- и пребиотическими свойствами. *Пищевая промышленность*, 10, 54—56
7. Голубева Л.В., Долматова О.И., Гриценко Т.С. Изменение жирового компонента в сливочно-растительном продукте при хранении. *Масложировая пром-сть*, 2007. № 6. С. 47—48.

8. Демидов І.М. & Музика Л.А. (2007). Дослідження ферментативного препарату «Лірозуме ТЛІМ» при проведенні переестерифікації жирів. *Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини ім.С.З.Гжицького*, 2 (33), 159—162.
9. Ascherio A., Katan M., Zock P.L., Stampfer M.J., & Willet W.C. (2017). Trans Взято з: <http://www.nature.com/ejcn/journal/v63/n2s/index.html>
10. Uauy R., Aro A., Clarke R., Ghafoorunissa M., L'Abbé R., Mozaffarian D., Skeaff, C., Stender, S. & Tavella, M. (2009). WHO Scientific Update on trans fatty acids: summary and conclusions. *European Journal of Clinic Nutrition*, 63(2), 68—75
11. Long K. Zubir I., Hussin B., Idris N., Ghazali H.M. & Lai O.M. (2003). Effect of enzymatic transesterification with flaxseed oil on the high-melting glycerides of palm stearin and palm olein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(2), 133—137.
12. Гетманец В.Н. (2017). Производство сметаны и сметанного продукта. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2, 167—171.
13. Полищук Г., Симахина Г., Устименко И., Устименко І. та ін. Научное обоснование состава эмульсий для нормализации белково-жировых продуктов. *Maisto chemija ir technologija*. 2016. № 1. С. 45—55.
14. Скурихин И.М. (ред.) Химический состав российских пищевых продуктов. Справочник. Москва: ДеЛи принт, 2002. — 236 с.

SCIENTIFIC APPROACH TO THE CREATION OF BAKERY PRODUCTS OF HIGH FUNCTIONAL PURPOSE

O. Pahomska

Vinnitsia Institute of Trade and Economics KNTEU

Key words:

Bakery products
Flour
Production
Research
Vegetables
Energy value

Article history:

Received 12.03.2019
Received in revised form
03.04.2019
Accepted 19.04.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The purpose of the article is to study the current state of bakery products of functional purpose. It has been found out that promising products on the basis of which functional properties can be formed are bakery products. Bread and bakery products are the source of indispensable nutrients for restoring the consumes of body energy. The energy value of 100 g of product contains 220...250 kcal. On average, people daily consume 250—350 g of bread and about 100 g of bakery products, which forms 1/3 of the energy value of an adult person's daily ration. The study of the assortment of bakery products has showed that the population receives no more than 15—20% of the required amount of food fibers with the listed types of food, and the production of bakery products of functional purpose takes up 2—2,5% while an optimal daily norm of food fibers for an adult is 25—30g It has been determined that the enrichment of bakery products takes place in two stages: the enrichment of wheat flour with physiological-functional ingredients directly during its production at the flour-grinding enterprise and the introduction of dietary supplements during the technological process of preparation of bakery products. It has been investigated that a significant number of methods of enriching bakery products with dietary supplements is based on the use of grain, leguminous and oilseed raw materials due to the good compatibility of its components with the main recipient components of bakery products. The scientific aspects of increasing the nutritional value, which have been studied, show the development of qualitatively new bakery products of functional purpose, which contribute to the preservation and improvement of health due to regulatory and normalizing effects on the human body, taking into account the physiological state and age.

The prospect of further research is supposed to examine the state of development of the bakery industry in the context of current trends that will develop in subsequent years

НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

О.В. Пахомська

Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

У статті досліджено, що перспективним продуктом, на основі якого можна формувати функціональні властивості, є хлібобулочні вироби. Хліб та хлібобулочні вироби є джерелом незамінних нутрієнтів для відновлення енергетичних затрат організму. Енергетична цінність 100 г продукту містить 220...250 ккал. В середньому щоденно людина споживає 250—350 г хліба та близько 100 г булочних виробів, що складає 1/3 енергетичної цінності добового раціону харчування дорослої людини.

Дослідження асортиментного складу хлібобулочних виробів показали, що населення отримує з вказаними видами продуктів харчування не більше 15—20% необхідної кількості харчових волокон, а виробництво хлібобулочних виробів функціонального призначення складає 2—2,5% при оптимальній добовій нормі харчових волокон для дорослої людини 25—30 г. Визначено, що збагачення хлібобулочних виробів відбувається у два етапи — збагачення пшеничного борошна фізіологічно-функціональними інгредієнтами безпосередньо під час його виробництва на борошномельному підприємстві та внесення дієтичних добавок під час технологічного процесу приготування хлібобулочних виробів.

З'ясовано, що значна кількість способів збагачення хлібобулочних виробів дієтичними добавками ґрунтується на використанні зернової, бобової та олійної сировини через гарну сумісність її складових з основними рецептурними компонентами хлібобулочних виробів. Розглянуті наукові аспекти підвищення харчової цінності свідчать про розроблення якісно нових хлібобулочних виробів функціонального призначення, які сприяють збереженню і покращенню здоров'я за рахунок регулюючої і нормалізуючої дії на організм людини з урахуванням фізіологічного стану і віку.

Перспектива подальших досліджень вбачається у вивченні стану розвитку хлібопекарської галузі в контексті сучасних тенденцій, що складуться в наступні роки.

Ключові слова: хлібобулочні вироби, борошно, виробництво, дослідження, овочі, енергетична цінність.

Постановка проблеми. Поширена у всьому світі тенденція до оздоровчого харчування призвела до розвитку виробництва продуктів функціонального призначення [1]. Перспективним продуктом, на основі якого можна формувати функціональні властивості, є хлібобулочні вироби. Хліб та хлібобулочні вироби є джерелом незамінних нутрієнтів для відновлення енергетичних затрат організму. Енергетична цінність 100 г продукту містить 220...250 ккал. В середньому щоденно людина споживає 250—350 г хліба та

близько 100 г булочних виробів, що складає 1/3 енергетичної цінності доброго раціону харчування дорослої людини.

Незважаючи на досить високу харчову цінність, хлібобулочні вироби потребують покращення свого складу за рахунок збагачення рослинною сировиною та дієтичними добавками.

Результати досліджень асортиментного складу хлібобулочних виробів показали, що населення отримує з вказаними видами продуктів харчування не більше 15—20% необхідної кількості харчових волокон, а виробництво хлібобулочних виробів функціонального призначення складає 2—2,5% при оптимальній добовій нормі харчових волокон для дорослої людини 25—30 г [2].

У зв'язку з цим актуальним на сьогодні є розроблення нових хлібобулочних виробів функціонального призначення з використанням рослинної сировини підвищеної біологічної цінності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати дослідження хлібобулочних виробів функціонального призначення висвітлено у працях таких вітчизняних науковців, як В.Н. Корзун, М.І. Пересічний, І.В. Бобренєва, С.М. Пересічна, М.Ф. Кравченко, К.Г. Іоргачова та ін. Проте, незважаючи на значні напрацювання, окремі аспекти цієї теми потребують подальшого вивчення та обумовлюють доцільність проведення наукових пошуків для подальшого розроблення хлібобулочних виробів функціонального призначення.

Метою статті є дослідження сучасного стану виробництва хлібобулочних виробів функціонального призначення.

Викладення основних результатів дослідження. Аналіз літературних джерел із питань збагачення хліба дав змогу визначити основні шляхи вирішення проблеми — збагачення пшеничного борошна фізіологічно-функціональними інгредієнтами безпосередньо під час його виробництва на борошномельному підприємстві та внесення дієтичних добавок під час технологічного процесу приготування хлібобулочних виробів.

Оскільки перший напрямок в Україні знаходиться на стадії розвитку, основним способом підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів є застосування у їх технології різноманітної сировини з високим вмістом фізіологічно-функціональних інгредієнтів. Результати досліджень свідчать, що значна кількість способів збагачення хлібобулочних виробів дієтичними добавками ґрунтується на використанні зернової, бобової та олійної сировини через гарну сумісність її складових з основними рецептурними компонентами хлібобулочних виробів.

В Україні для підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів застосовують сировину тваринного й рослинного походження, яка багата на цінні біологічно активні і харчові речовини. До них відносять сою, ферментовані зернові продукти, солодові екстракти, висівки, зародки пшениці, плющене зерно, борошно та зернята з льону, топінамбур, морські водорості тощо. Розроблено хлібобулочні вироби підвищеної харчової й біологічної цінності з включенням у рецептуру листових овочів і продуктів їх переробки, екстрактів лікарських рослин та коренеплодів (гарбуз, морква, буряк).

Найширше у хлібобулочних виробках застосовуються вторинні молочні продукти: сироватка (свіжа, згущена і суха), білкові концентрати, нежирне

молоко. Ці види сировини збагачують хлібобулочні вироби повноцінними білками, вуглеводами, вітамінами групи В, мінеральними речовинами, особливо кальцієм і фосфором тощо. Із додаванням молочної сироватки в Україні випускають більше 10% хлібобулочних виробів [3]. При використанні молочної сироватки підвищується харчова цінність, покращується колір, аромат виробів, вони повільно черствіють, збільшується їхня пористість і питома вага [4].

Калорійність хлібобулочних виробів знижують за рахунок заміни частини жиру, цукру та яєць відвареними й протертими овочами (капуста, морква, буряк, гарбуз), вітамінізують вироби в основному бета-каротином.

При виготовленні хлібобулочних виробів використовують як добавки еламін, розторопшу плямисту, лляну та кунжутну олії, пектин, продукти і відходи цукрової, крохмале-патокової, масложирової та пивоварної промисловості, продукти і відходи переробки плодів, овочів та зерна (зародки пшениці, пшеничні висівки, кукурудзяне борошно, вівсяні пластівці, плющені зерна).

Розроблена хлібобулочна продукція збагачена вітамінами групи В, особливо фолієвою кислотою, рідкісним і цінним для організму елементом селеном в органічній формі з максимальним коефіцієнтом біодоступності.

Як дієтичні добавки при виробництві хлібобулочних виробів використовують різноманітну природну сировину, в тому числі плодіву — ягідну і овочеву. Особливу нішу займають вторинні продукти їх переробки. Безперечний інтерес для хлібопечення представляє обліпиховий шрот і айвовий жом — вторинна сировина при виробництві обліпихової олії і соків.

Для збагачення хлібобулочних виробів вітамінами, органічними кислотами, цукром, мінеральними і пектиновими речовинами в Україні застосовують продукти переробки фруктів (яблука, айву, виноград, чорну смородину тощо) і овочів (морква, буряк, томати, гарбуз тощо). До них належать соки, пюре, цукати, повидло, порошки тощо.

В Україні досліджено використання у хлібопеченні сировини з пряно-смакових рослин (листя селери, зелена цибуля). Пряні рослини надають виробам приємного специфічного аромату й смаку.

Науковцями розроблено хліб гречаний на хмелю, який володіє оздоровчими властивостями та має лікувально-профілактичну направленість в харчуванні людини, за рахунок гречаного борошна, що містить вітаміни В₂ та В₆, які відповідають за нормальний обмін речовин, стан імунної системи, забезпечують ріст і роботу клітин організму, сприяють підтриманню здоров'я шкіри і нервової системи.

У хлібопеченні в багатьох країнах світу, зокрема в Україні, для виготовлення виробів профілактичного і лікувального призначення використовують порошок із водоростей морської капусти, який багатий на мінеральні речовини, особливо йод.

Вчені Українського державного університету харчових технологій дослідили застосування при виробництві хлібобулочних виробів біологічно активної добавки з морської водорості зостери, яка надає продукції лікувально-профілактичних властивостей.

Науковцями Одеської академії харчових технологій запропоновано використання в хлібопеченні порошку із листків шпинату, який багатий на харчові волокна, мінеральні елементи, органічні кислоти та інші речовини.

Вчені приділяють велику увагу використанню у хлібопеченні висівків і зародків, що містять до 20% жиру, 30—32% білкових речовин, 35—40% вуглеводів, 10—12% мінеральних речовин та вітаміни. Зародки додають від 2 до 15% від маси борошна.

В Україні для розширення асортименту хлібобулочних виробів дієтичного напрямку створено борошно з високим вмістом висівків, що містить від 16 до 20% білкових речовин, 5—6% жиру, 65—70% вуглеводів, амінокислот, мінеральних та інші речовини.

Борошномельні підприємства збагачують пшеничне борошно з низькими хлібопекарськими властивостями сухою пшеничною клейковиною. При цьому поліпшуються технологічні властивості борошна. Хлібобулочні вироби з такого борошна мають більший об'єм і привабливий зовнішній вигляд, добру структуру м'якушки. При виробництві хлібобулочних виробів з борошна пониженої якості додають від 1 до 4% сухої клейковини від маси борошна, а при виготовленні хліба для діабетиків — 15—20%.

Велике значення в хлібопеченні має солод. Його виробляють із пророслого зерна ячменю, жита або пшениці. Ферментативний солод має темно-бурий колір і входить до складу заварних видів житнього або житньо-пшеничного хліба. Завдяки високому вмісту ароматичних і барвних речовин значно поліпшуються споживні властивості, збільшується об'єм, м'якушка стає більш еластичною, а скоринка — рум'янішою, вироби набувають солодового смаку. Неферментативний солод має світлий колір. Його використовують для виробництва хлібобулочних виробів із пшеничного борошна.

В Україні із солодового борошна виготовляють солодові екстракти. Вони мають пряний, специфічний смак, добре зберігаються. За консистенцією вони нагадують мед. До складу солодових екстрактів входить від 77 до 82% сухих речовин, у тому числі 48—60% редукованих речовин, таких як глюкоза, фруктоза і мальтоза (переважає мальтоза — 27—39%). Декстринів міститься від 7 до 13%, білків — 3—8%, мінеральних речовин — 1—2%.

Для покращення якості хлібопекарських виробів використовують солодові екстракти різних торговельних марок, в тому числі «Глофа» (IREKS GmbH Німеччина); «Малтакс 10», «Малтакс 200F», «Малтакс 800 COLD», «Малтакс 1500» (OY Lahden Polttime AB, Фінляндія); Dark Mail Extract Extra (Laihia Mallas Oy, Фінляндія); «Солекс» (Backaldrin International GmbH, Австрія)

При виробництві хлібобулочних виробів частину крохмалю, який входить до складу борошна, замінюють крохмалопродуктами, які одержують із зерна. Найбільш поширеним крохмалопродуктом є патока — продукт неповного гідролізу крохмалю, багатий на декстрини, глюкозу, амінокислоти, вітаміни та мінеральні речовини.

При виробництві хлібобулочних виробів застосовують фітокомпозиції вітамінізованих, дієтичних, селеновмісних та вітамінно-мінеральних преміксів. Фітокомпозиції та вітамінно-мінеральні премікси — це натуральні продукти, виготовлені на основі зернових культур з додаванням морепродуктів (морська

капуста), натуральних ароматичних трав (м'ята, цикорій, розторопша, материнка, глід), натуральних фруктів і овочів (яблука, морква, буряк, лимон, чорниця), рослинних продуктів (овес, кмін, коріандр, аніс).

Компанія «Еко-хліб™» (м. Київ) виготовляє «Живий хліб» за розробленою технологією, що забезпечує природну ферментацію зерна, в процесі якої утворюються вітаміни (групи В, РР, С, Е), мінерали, амінокислоти, жири і вуглеводи, зберігається максимальний їх вміст у складі готових хлібобулочних виробів. Виготовлені хлібобулочні вироби володіють оздоровчими властивостями і відіграють важливу роль в харчуванні людини.

В Україні для виготовлення хлібобулочних виробів використовують дієтичні добавки рослинного походження — високодисперсні порошки з кропиви, моркви і плодів шипшини, які дають змогу одержати хлібобулочні вироби із збалансованим мінеральним і вітамінним складом.

Для збагачення хлібобулочних виробів повноцінними білками вчені Одеської державної академії харчових технологій рекомендують використовувати білкові ізоляти з сої, які багаті на незамінні амінокислоти, зокрема лізин і треонін та містять у своєму складі від 80 до 90% білка на суху речовину. Білки сої є найбільш цінними серед білків рослинного походження за амінокислотним складом. Їхня засвоюваність перевищує засвоюваність молочних і м'ясних білків. Додавання в хлібобулочні вироби соєвих ізолятів збагачує готову продукцію лізином, вітамінами В₁, В₂ і РР.

Особливе значення при виготовленні хлібобулочних виробів надається використанню лікарсько-рослинній сировині, яка містить алкалоїди, ефірні і жирні масла, вітаміни та органічні кислоти. За своєю біохімічною природою лікарські рослини корисніші, ніж харчові добавки синтетичного виробництва. Вони діють на організм людини м'якше, фізіологічна активність їх ширша, тому вони рідше викликають побічну дію.

Перспективним напрямом розвитку асортименту функціональних хлібобулочних виробів підвищеної харчової та біологічної цінності є використання натуральних харчових збагачувачів. До них належать технології хлібобулочних виробів на основі пророслого (біоактивованого) диспергованого зерна жита чи пшениці, що відрізняється підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних речовин, незамінних амінокислот тощо.

З метою поліпшення якості функціональних хлібобулочних виробів, підвищення їх харчової цінності, мікробіологічної безпеки, надання продукту пробіотичних властивостей розроблені технології, що передбачають використання заквасок, які культивуються в борошняних середовищах. Ферментування висівок у заквасці зменшує вміст спорових бактерій, які викликають картопляну хворобу, поліпшує технологічні властивості заквасок і сприяє накопиченню в них речовин, що обумовлюють пробіотичні властивості готових хлібобулочних виробів [5].

У технології виготовлення житньо-пшеничного хліба використовують екструзійне борошно круп'яних культур (ячменю, гречки, пшона, рису, кукурудзи). Екструданти — це зерна спеціальної технологічної обробки, які містять білка до 11—12,7%; клітковини 2,6—11,7%; мінеральних речовин в (мг/100 г) —

кальцію — 55—130; фосфору 390; заліза 5,6—12,1; калію 417—460; магнію 120—150; жиру 1,8—5,7%. При виробництві хлібобулочних виробів екструданти використовують як комплексне джерело харчових волокон і мінеральних речовин.

Створено хлібобулочні вироби функціонального призначення з додаванням інуліну, цикорію і β -каротину, що входить до складу препарату «Катомас» — суміш рослинної олії, β -каротину (до 120 мг/100 г), α -токоферолу (до 200 мг/100г). При використанні препарату «Катомас» підвищується харчова й біологічна цінність хлібобулочних виробів, поліпшується їх зовнішній вигляд. Додатки вносять у кількості 2,0 і 3,0% інуліну і 0,5% «Катомасу», яким замінюють маргарин, поліпшуючи таким чином вітамінний склад хлібобулочних виробів. Використання інуліну і β -каротину сприятливо впливає на якість виробів.

Розроблено понад 25 сортів хлібобулочних виробів функціонального призначення на основі пектинових сумішей. Суміш включає: пектин та інші харчові волокна, морську капусту, цитрат кальцію, аскорбінову кислоту і речовини, які поліпшують органолептичні і фізико-хімічні властивості виробів-ферменти, емульгатори, харчові кислоти. Залежно від рецептури у виробі додатково включають продукти рослинного походження, які містять біологічно активні речовини (хміль, шипшину, моркву тощо) для підсилення збагачувального ефекту.

В Україні набирає попит продукція фірми «Puratos» — це міжнародна корпорація з величезним асортиментом інноваційних продуктів і досвідом їх застосування в хлібному виробництві: поліпшувачі для хліба, закваски для хліба, активні хлібопекарні компоненти для надання неперевершеного смаку (O-tentic), хлібопекарські суміші тощо.

У Київському національному торговельно-економічному університеті розроблена технологія використання мікронізованого зерна пшениці, зерна проса та насіння льону у виробництві булочних виробів. Встановлено раціональну кількість добавок, яка дорівнює 10,0% від маси борошна у булочних виробках із мікронізованим зерном проса, 11,0% — із мікронізованим насінням льону, 9,0% — із мікронізованим зерном пшениці. Експериментально встановлено, що булочні вироби із використанням мікронізованого зерна характеризуються високими органолептичними показниками, підвищеною харчовою, біологічною цінністю та володіють радіозахисними властивостями [6].

Перспективним у харчуванні є використання паростків пшениці. Фахівці з раціонального харчування (Р. Шаталова, Е. Малахов, П. Брегг, Е. Шелтон та ін.) вважають їх повноцінною білковою їжею (вміст білка в пшениці в середньому 12—14%). Паростки пшениці містять підвищену кількість вітамінів (особливо Е, С, К, вітамінів групи В), мікроелементів (магній, хром, селен), ферментів, амінокислот, біофлаванолів, володіють профілактичними та лікувальними властивостями. Вітаміни паростків захищають організм від шкідливої дії вільних радикалів, оскільки є натуральними антиоксидантами.

Найбільшого розповсюдження харчування пророслими зернами пшениці отримало у ХХ столітті завдяки швейцарському дієтологу К. Шмідту. Пізні-

ше харчування пророщеними злаками і бобовими включалось у різноманітні дієти і системи харчування.

У Франції пророслі зерна вільно продаються в овочевих магазинах і супермаркетах. У багатьох аптеках США й Англії продаються сушені паростки пшениці в спеціальних герметичних упакованнях. Так, у багатьох штатах Америки можливо придбати спеціальні таблетки, що складаються з розтертих у порошок пастеризованих паростків.

Науковцями доведено, що при вживанні пророслого зерна пшениці пригнічуються різні інфекційні й запальні процеси; підвищується витривалість організму до кисневої недостатності; збагачується кров киснем; за рахунок вмісту кальцію загоюються рани, повертається гострота зору та відбувається стабілізація нервової системи.

Дослідження використання різноманітної сировини та дієтичних добавок показав ефективність їх застосування в виробництві хлібобулочних виробів для вирішення проблеми підвищення харчової й енергетичної цінності.

Висновки

Розглянуті наукові аспекти підвищення харчової цінності свідчать про розроблення якісно нових хлібобулочних виробів функціонального призначення, які сприяють збереженню і покращенню здоров'я за рахунок регулюючої та нормалізуючої дії на організм людини з урахуванням фізіологічного стану і віку. Перспектива подальших досліджень передбачається у вивченні стану розвитку хлібопекарської галузі в контексті сучасних тенденцій, що складуться в наступні роки, та формуванні стратегії розвитку за умови економічних реформ.

Література

1. Карпенко П.О., Пересічна С.М., Грищенко І.М., Мельничук Н.О. Основи раціонального і лікувального харчування: навч.посіб. Київ: КНТЕУ, 2011. 504 с.
2. Мазаракі А.А. Технологія харчових продуктів функціонального призначення: монографія / за ред. д-ра техн. наук, проф. М.І. Пересічного. Київ : КНТЕУ, 2012. 1116 с.
3. Задорожний І.М., Гаврилишин В.В. Товарознавство продовольчих товарів. Зерноборошняні товари: підручник. Львів: «Компакт ЛВ», 2004. 304 с.
4. Салухіна Н.Г., Мамошленко А.А., Ващенко В.В. Товарознавство зерноборошняних товарів: підручник. Київ: КДТЕУ, 2012. 313 с.
5. Сирохман І.В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч.пос. Київ: КНТЕУ, 2009. 523 с.
6. Антонюк І.Ю. Технологія булочних виробів із використанням мікронізованого зерна: автореф. дис. канд. техн. наук 05.18.16: Київ, 2002. 16 с.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати даний матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету і на сайті журналу <http://journal.nuft.edu.ua>. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути опублікована лише одна стаття автора (як власна, так і в співавторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вчитаних роздружків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською та українською мовами (1 800 символів з пробілами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті;
 - викладення основного матеріалу;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ 8302:2015. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати даний матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути опублікована лише одна стаття автора (як власна, так і в спів-авторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вчитаних роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською та українською мовами (1 800 символів з пробілами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті;
 - викладення основного матеріалу;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ 8302:2015. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора.