



2021

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 27 № 4

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

КИЇВ ♦ НУХТ ♦ 2021

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

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

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

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

- 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 # 1 from 09th of September, 2021

© NUFT, 2021

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

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

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

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

- 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 № 1 від 09 вересня 2021 року

© НУХТ, 2021

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор

Editor-in-Chief

Олександр Шевченко

Olexander Shevchenko

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Відповідальний секретар

Accountable secretary

Анастасія Шевченко

Anastasiia Shevchenko

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., As. Prof., 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

Браян 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., 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

В'ячеслав Івашук

Vyacheslav Ivaschuk

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Віктор Стабніков

Viktor Stabnikov

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Володимир Зав'ялов

Volodymyr Zavialov

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., 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 Leskauskaite	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., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Бутнік-Сіверський Oleksandr Butnik-Siverskyi	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Гавва Oleksandr Gavva	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Кургаєв Oleksandr Kurgaev	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олена Дерев'янка Olena Derevianko	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олена Стабнікова Olena Stabnikova	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Паола Піттія Paola Pittia	д-р техн. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Teramo, Italy
Володимир Ковбаса Volodymyr Kovbasa	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Світлана Бондаренко Svitlana Bondarenko	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Світлана Літвинчук Svitlana Litvynchuk	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Сергій Чумаченко Serhii Chumachenko	д-р техн. наук, ст. наук. сп., Україна Ph. D. Hab., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Хууб Лелієвельд Huub Lelieveld	д-р наук, проф., Нідерланди Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, the Netherlands

ЗМІСТ

Автоматизація та інформаційні технології

Роговик А. В., Засць Н. А., Ельперін І. В., Штепа В. М. Підвищення ресурсоефективності очищення стічних вод цукрового заводу шляхом використання монітору хімічного споживання кисню

Власенко Л. О., Савченко Т. В., Луцька Н. М. Вибір ієрархії та онтології верхнього рівня для розробки інтелектуальних автоматизованих систем управління промисловим підприємством

Безпека харчових продуктів і охорона праці

Марценюк О. С., Літвинчук С. І., Марценюк Л. С. Класичні і квантово-динамічні властивості питної води

Біотехнології

Пирог Т. П., Іванов М. С., Ярова Г. А. Антимікробна активність поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, синтезованих за наявності біологічних індукторів

Старовойтова С. О. Взаємозв'язок пробіотиків та SARS-COV-2 (Covid-19) *in vivo*

Удимович В. М. Застосування біоцементу в контексті вирішення екологічних питань

Юнгін О. С., Потохілова В. В., Руднева К. Л., Мошинець О. В. Стійкість до антибіотиків мікроорганізмів, асоційованих з рановими поверхнями

Економіка, менеджмент і маркетинг

Петухова О. М., Еш С. М. Кліринг як вид професійної діяльності

Рибачук-Ярова Т. В., Тюха І. В., Дунда С. П. Ефективна операційна діяльність — іманентна характеристика конкурентоспроможності та стратегічного розвитку суб'єктів ЗЕД

Удворгелі Л. І., Хаустова К. М., Чорій М. В. Стратегії адаптації санаторно-курортних закладів в умовах пандемії Covid-19

Механічна та електрична інженерія

Балута С. М., Йовбак В. Д., Копилова Л. О., Куєвда Ю. В. Компенсація реактивної потужності в системах електрозабезпечення промислових і цивільних об'єктів

Харчові технології

Камінська С. В., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В., Мартиненко Т. А. Використання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів у харчових технологіях

Грабовська О. В., Сабадаш Н. І., Авраменко А. Д., Додонova-Судьбіна К. О., Пастух Г. С. Розроблення рецептурної композиції рідкого цукрозамінника на основі стевії та мальтозного сиропу для безалкогольних напоїв

CONTENTS

Automation and Information Technologies

Rogovyk A., Zaiets N., Elperin I., Shtepa V. Improving the resource efficiency of sugar plant wastewater treatment by using a monitor of chemical consumption of oxygen

Vlasenko L., Savchenko T., Lutska N. Choice of hierarchy and ontology of the top level for the development of intellectual automated control systems for industrial enterprises

Food Products Safety and Occupational Health

Martseniuk A., Litvynchuk S., Martseniuk L. Classic and quantum-dynamic properties of drinking water

Biotechnologies

Pirog T., Ivanov M., Yarova H. Antimicrobial activity of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants, synthesized in the presence of biological inductors

Starovoitova S. Relationships between probiotics and SARS-COV-2 (Covid-19) *in vivo*

Udymovych V. Application of biocementation in the context of solving environmental issues

Iungin O., Potochilova V., Rudnieva K., Moshynets O. Antibiotic resistance of microorganisms associated with wound surfaces

Economy, Management and Marketing

Pietukhova O., Esh S. Clearing as type of professional activity

Rybachuk-Iarova T., Tiukha I., Dunda S. Efficient operational activity — immanent characteristics of competitiveness and strategic development of FEA subjects

Udvorgeli L., Khaustova K., Choriy M. Strategies for adaptation of sanatorium and resort institutions in the conditions of the Covid-19 pandemic

Mechanical and Electrical Engineering

Baluta S., Jovbak V., Kopilova L., Kuievda Iu. Compensation of reactive power in electrical supply systems of industrial and civil facilities

Food Technologies

Kaminska S., Simakhina G., Naumenko N., Martynenko T. Using the frozen fruit and berry half products in food technologies

Hrabovska O., Sabadash N., Avramenko A., Dodonova-Sudina K., Pastukh H. Development of a prescription composition of a liquid sweetener based on stevia and maltose syrup for beverages

- Поліщук Г. Є., Сапіга В. Я., Осьмак Т. Г., Шевченко І. І. Порівняльний аналіз структуруючої здатності овочевих пюре у складі сумішей морозива 154 Polischuk G., Sapiga V., Osmak T., Shevchenko I. Comparative analysis of the potential of vegetable puree in the composition of ice cream mixtures
- Белінська К. О., Фалендиш Н. О. Стан і перспективи наукових досліджень харчової сировини органічного походження 165 Belinska K., Falendysh N. State and prospects of scientific research of food raw materials of organic origin
- Неміріч О. В., Устименко І. М. Обґрунтування складу вершкового пастоподібного продукту з використанням стабілізованої емульгуючим комплексом харчової емульсії 179 Niemirich O., Ustylenko I. Justification of the composition of cream spread product using food emulsion stabilized by emulsive complex
- Синиця О. В., Віннікова Л. Г. Вплив режимів низькотемпературного оброблення на якість і безпеку м'яса свинини 187 Synytsia O., Vinnikova L. Influence of the low-temperature treatment conditions on quality and safety of the pork meat
- Демидова А. О., Гладкий Ф. Ф., Шеманська Є. І. Дослідження можливості дезодорування соняшникового лецитину 199 Demydova A., Gladky F., Shemanska Y. Study of the possibility of deodorization of sunflower lecithin
- Світлій пам'яті талановитого вченого
Леоніда Дем'яновича Бобрівника 209**

УДК 681.518.3

IMPROVING THE RESOURCE EFFICIENCY OF SUGAR PLANT WASTEWATER TREATMENT BY USING A MONITOR OF CHEMICAL CONSUMPTION OF OXYGEN

A. Rogovyk, N. Zaiets, I. Elperin

National University of Food Technologies

V. Shtepa

Polesie State University

Key words:

Wastewater
Sugar production
Chemical oxygen
consumption

Article history:

Received 06.07.2021
Received in revised form
19.07.2021
Accepted 13.08.2021

Corresponding author:

A. Rogovyk
E-mail:
andrey_rogovik@ukr.net

ABSTRACT

The qualitative and quantitative indicators of sugar production wastewater are examined in this article. Methods of wastewater treatment are analyzed. It was revealed that in the wastewater treatment process the key point was occupied by biochemical treatment, which differs in the complexity of processes, variety of technological schemes, high inertia and constant change of disturbing factors.

A feature of wastewater from sugar factories was a high concentration of suspended solids of organic and mineral origin and dissolved organic pollutants in their composition. Most wastewater from sugar production is generated in the conveyor and washing department (36.5%), thermal power plant (14.5%), diffusion department (6.23%) and from domestic premises and washing equipment (8%). Modern means of automation are sufficient for the implementation of local automatic control systems, but to measure the quality of the process in aeration tanks (the key process of the purification system), only laboratory studies of biological oxygen consumption are required. To ensure the functioning of the system in real time, it was proposed to use a chemical oxygen consumption monitor based on chemiluminescence.

To improve the quality of regulation a resource-efficient conceptual scheme of a monitoring system in real time, parameters of wastewater treatment for sugar production and a scheme for measuring parameters and scheme for measuring the quality and quantity of wastewater in the places of its formation have been developed. These indicators will be transmitted to the automatic control system of treatment equipment. This will reduce the inert component and increase the reaction speed of the system and provide an ability to respond to changes in the mode of production. In the future, a system for forecasting and determining the parameters of pollution by indirect indicators will be developed, which in turn will have a positive impact on the quality of regulation and water treatment in general.

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-4-3

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МОНІТОРУ ХІМІЧНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ

А. В. Роговик, Н. А. Заєць, І. В. Ельперін

Національний університет харчових технологій

В. М. Штепа

Поліський державний університет

У статті досліджено якісні і кількісні показники стічних вод цукрового виробництва. Проаналізовано методи очистки стічних вод. Виявлено, що в процесі очищення стоків цукрового виробництва ключове місце займає біохімічна очистка, яка відрізняється складністю процесів, різноманітністю технологічних схем, високою інерційністю і постійною зміною збурюючих факторів.

Особливістю стічних вод цукрових заводів є висока концентрація в їх складі зважених речовин органічного та мінерального походження і розчинених органічних забруднювачів. Найбільше стічних вод цукрового виробництва формується на транспортно-мийному відділенні (36,5%), теплоелектроцентралі (14,5%), дифузійному відділенні (6,23%), від побутових приміщень і миття апаратури (8%). Сучасних засобів автоматизації достатньо для реалізації локальних систем автоматичного регулювання, але для вимірювання якості перебігу процесу в аеротенках (ключовий процес системи очищення) необхідні виключно лабораторні дослідження біологічного споживання кисню. Для забезпечення функціонування системи в режимі реального часу пропонується використувати монітор хімічного споживання кисню на основі хемілюмінесценції.

Для покращення якості регулювання розроблено ресурсоефективну концептуальну схему системи моніторингу, в режимі реального часу, параметрів очистки стічних вод цукрового виробництва та схему вимірювання якісних і кількісних показників стічної води в місцях її формування. Ці показники будуть передаватись у систему автоматичного керування очисним обладнанням. Це надасть можливість зменшити інертну складову і збільшить швидкість реакції системи, а також з'явиться можливість реагувати на зміни режиму роботи виробництва. В перспективі буде розроблятися система прогнозування та визначення параметрів забруднення за непрямыми показниками, що, у свою чергу, позитивно позначиться на якості регулювання та очищення в цілому.

Ключові слова: стічні води, цукрове виробництво, хімічне споживання кисню.

Постановка проблеми. Стічні води цукрових заводів характеризуються високою концентрацією зважених речовин, високими показниками БСК (біологічного споживання кисню) і ХСК (хімічного споживання кисню), а також наявністю у високих концентраціях сапоніну.

Скидання таких вод у водойму може не тільки порушити його природний режим, але й зробити воду водойми непридатною для промислових і побутових цілей. Для повторного використання води та захисту водойми, в які вона відводиться, необхідно здійснювати попередню очистку стічної води на очисних станціях.

Очищення стічних вод можна здійснювати механічними, біологічними, фізико-хімічними або комплексними методами видалення забруднень. Найефективнішим методом на сьогодні є саме комплексна очистка стічних вод, в якій основну роль відіграє біологічний метод, що здійснюється за допомогою активного мулу — біоценозу мікроорганізмів, ключову роль у якому відіграють бактерії.

Такий процес вимагає використання електротехнологій, тобто мають місце значні енерговитрати, відповідно, обов'язковим є передбачення заходів і засобів щодо підвищення енергоефективності, в тому числі із застосуванням сучасних підходів автоматизованого управління (Запольський, 2005).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях низки авторів розглядаються методи зменшення витрат води на безповоротне водоспоживання та пропонуються методи для зменшення стічних вод та свіжої води на виробництво (Сорокін, Скорик... & Штангеев, 2015), порушуються питання технічної досконалості оборотних систем водопостачання гідротранспорту та миття буряків, які є складовими типових схем водоспоживання і водовідведення з кількістю стічних вод 170, 85 і 50% до маси буряків (Сорокін, & Хоменко, 2015). У праці (Зінченко, Пономаренко... & Голубкіна, 2020) вивчалися процеси анаеробного зброджування стічних вод одного з цукрових заводів України. Експерименти проводили в біореакторі з висхідним потоком активного мулу.

При цьому питання розробки енергоефективних систем керування процесами очистки стічних вод цукрового виробництва не розглядалися. Аналіз результатів підтвердив перспективність розробки ресурсоефективної системи очистки стічних вод цукрового заводу.

Мета дослідження: розробити ресурсоефективну систему очищення стічних вод цукрового заводу.

Матеріали і методи. Особливістю стічних вод цукрових заводів є висока концентрація в їх складі зважених речовин органічного та мінерального походження і розчинених органічних забруднювачів, дефіцит біогенних речовин (сполук азоту та фосфору), можливість наявності сапоніну, що негативно впливає на біологічну очистку стічних вод, а також сезонність їх формування. Якісний склад стоків цукрового заводу наведено в табл. 1 (Васильєв та ін., 2017).

Усі стічні води цукрових заводів можна розділити на три категорії. Так, до I категорії належать стічні води слабо забруднені, що мало відрізняються від вихідної води — конденсаційна або барометрична вода, вода від охолодження, від гідравлічного підйомника. Конденсаційна вода містить невелику кількість аміаку і летючих органічних речовин, через що її окислюваність досягає 150 мг/л. Температура стічних вод цієї категорії, зазвичай, досягає 35—40°C.

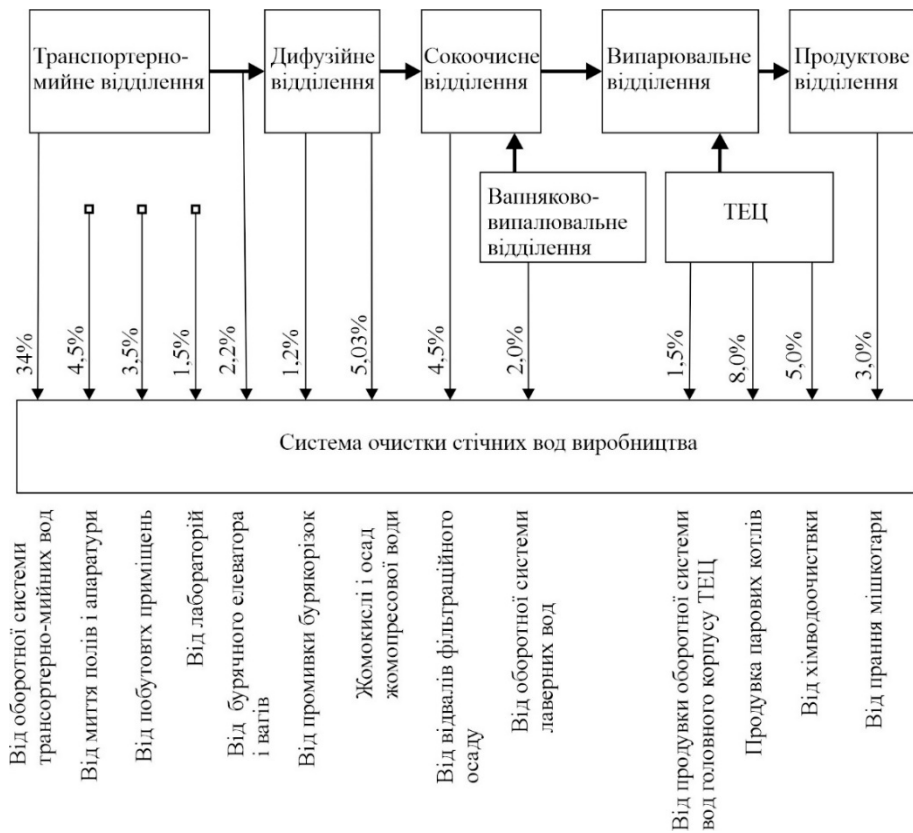


Рис. 1. Місця формування стічних вод цукрового виробництва

Таблиця 1. Якісний склад стічних вод цукрового виробництва

Показник	Одиниця вимірювання	Стічні води		Показник	Одиниця измерения	Стічні води	
		до очистки	після очистки			до очистки	після очистки
1	2	3	4	1	2	3	4
Температура	°С	18	12	Залишок:			
				сухий	мг/л	4400	875
				прогартований	мг/л	600	188
Прозорість по шрифту	см	0	20	Ca ²⁺	мг/л	213	188
Зважені речовини	мг/л	10700	50	Mg ²⁺	мг/л	78	35
Запах холодної і нагрітої	бал	4	2	Cl ⁻	мг/л	110	55
Кольоровість	град	Не нормується	Не більше 40	SO ₄ ²⁻	мг/л	68	15
Поріг розбавлення до зникнення:				Fe _{заг}	мг/л	1,8	0,4

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
запаху	Кратність	15	1,7	Окисність перманганатна	мгО ₂ /л	1750	13
кольору		21	1,2	БПК5	мгО ₂ /л	2700	13
pH	—	7,7	8,2	ХПК	мгО ₂ /л	6000	45
Жорсткість:	мг-екв/л			Біогенні елементи:	мг/л		
				фосфор (у перерахунку на Р ₂ О ₅)		7,3	5,8
загальна		17	7,8	азот		85	43
карбонатна		6,8	5,3	Токсичні речовини:			
Лужність (загальна)		7,3	1,8	сапонін		8,5	0,4
				сірководень		7,2	0

До II категорії стічних вод відносяться механічно забруднені стічні води: транспортерно-мийні (найбільша кількість), від пісколовок, бурякомийні і від елеватора. Крім механічних забруднень, ці стоки містять також органічні речовини, за рахунок яких БПК цієї групи вод досягає 490 мг/л.

До III категорії відносяться стічні води, найбільш забруднені органічними речовинами. Сюди відносяться дифузійні, фільтрпресні і жомові води. Вони швидко загнивають з утворенням масляної, молочної та інших кислот.

На рис. 1 структурно показано основні місця і кількості стічних вод цукрового виробництва щодо перероблених буряків. Зі схеми видно, що найбільше стічних вод цукрового виробництва формуються на транспортерно-мийному відділенні (36,5%), ТЕЦ (теплоелектроцентральної) (14,5%), дифузійному відділенні (6,23%), від побутових приміщень і миття апаратури (8%).

Викладення основних результатів дослідження. В процесі очищення стоків цукрового виробництва ключове місце займає біохімічна очистка, яка відрізняється складністю процесів, різноманітністю технологічних схем, високою інерційністю і постійною зміною збурюючих факторів. Ці особливості ускладнюють автоматизацію процесів біохімічної очистки. Складність автоматичного управління установками біохімічної очистки також полягає в тому, що більшість збурюючих факторів, яким піддається процес очищення стічних вод, дуже важко вимірювати автоматичними пристроями постійно.

Для контролю перебігу процесу необхідно передбачити вимірювання температури води на вході і виході в аеротенк, температури повітря, що подається, а також витрати повітря й рівень активного мулу. З якісних показників, що характеризують процес біохімічної очистки, доцільно контролювати мутність стічних вод на вході і виході аеротенків, вміст розчиненого кисню всередині аераційного бака і в стічній воді перед вторинним відстійником.

Найбільш важливим і складним в автоматизації аеротенків є регулювання подачі зворотного активного мулу і повітря. На очисних станціях використовують кілька схем регулювання подачі повітря й активного мулу в аеротенк. Однією з найпростіших є система пропорційного регулювання подачі повітря.

Повітря подається пропорційно кількості стічних вод. Головним недоліком такої системи є її нездатність реагувати на зміну якісних показників стоків. Співвідношення вибирається за результатами лабораторного аналізу.

Для того, щоб позбутися цього недоліку, використовують схеми регулювання за двома параметрами: кількістю стічних вод і концентрацією розчиненого кисню в муловій суміші в аеротенках. На відміну від пропорційного регулювання в цій схемі, крім вимірювання витрати вхідної стічної води, також вимірюють концентрацію розчиненого кисню в аеротенках. На основі цих даних за заданим алгоритмом визначають кількість органічних забруднень, які надійшли, і приріст активного мулу в результаті процесу очищення і регулюють подачу повітря.

Однак система, що працює за жорстким алгоритмом, не враховує коливання якості стічних вод, спричинені змінами режимів роботи цукрового заводу, а також зміни концентрації активного мулу, що надходить в аеротенк. До недоліків цієї системи слід також віднести можливість зниження якості регулювання забруднених стічних вод поверхнево-активними речовинами. Показники якості роботи системи значно поліпшуються завдяки додаванню в неї вимірювача концентрації активного мулу й органічних сполук у вхідній стічній воді. ПЛК (програмований логічний контролер) із заданим алгоритмом обробляє інформацію з пристроїв, що вимірюють витрату стічної води на вході, концентрацію забруднювачів в ній, витрату і концентрацію активного мулу, витрату надлишкового мулу і концентрації розчиненого кисню в аеротенках. На основі обробки отриманих даних здійснюється регулювання подачі повітря й активного мулу в аеротенк і підтримки постійної маси мулу в аеротенках та відстійниках.

Сучасних засобів автоматизації достатньо для реалізації локальних САР (система автоматичного регулювання): витрати повітря, рівня мулу у відстійнику, тиску в колекторі повітря, співвідношення, дозування реагентів для контролю температури, каламутності, рН, тиску тощо. Але для вимірювання якості перебігу процесу в аеротенках (ключовий процес системи очищення) необхідні виключно лабораторні дослідження БСК (мінімум протягом 5 діб) для:

D₅₃ — біологічне споживання кисню води в аеротенку-змішувачі;

D₇₃ — біологічне споживання кисню води в аеротенку-витиснювачі.

З огляду на це недоліком схеми є нездатність функціонувати в режимі реального часу (РРЧ), постійна затримка між появою збурень (у вигляді зміни БСК) і технологічної реакцією, через що неможливо створити ефективну автоматичну систему управління технологічним процесами.

Мікробіологічні показники (P1 — Coli-індекс, P2 — Coli-титр) не критично вимірювати в РРЧ. Якщо правильно дозувати гіпохлорид NaOCl, то вони гарантовано будуть у нормі.

На рис. 2 показано концептуальну схему системи моніторингу параметрів очистки стічних вод цукрового виробництва в режимі реального часу. Обробка осаду в цьому дослідженні не розглядається.

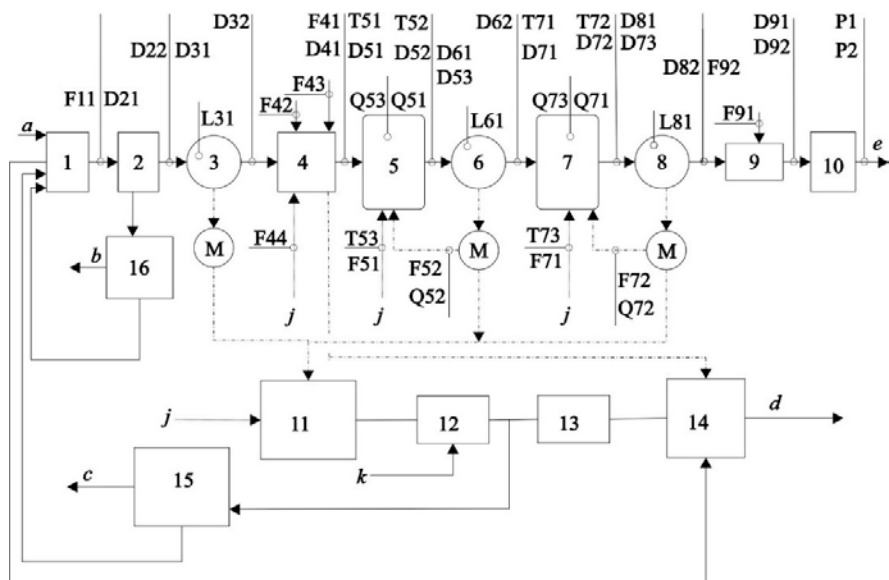


Рис. 2. Концептуальна схема системи моніторингу параметрів очистки стічних вод цукрового виробництва в режимі реального часу:

1 — решітки-дробарки; 2 — пісколовлювачі; 3 — первинний відстійник; 4 — флотатор; 5 — аеротенк-змішувач; 6 — вторинний відстійник; 7 — аеротенк-витиснювач; 8 — третинний відстійник; 9 — лоток-змішувач; 10 — контактний резервуар; 11 — аеробний стабілізатор; 12 — камера дегельмінтизації; 13 — камера коагуляції; 14 — фільтр-прес; 15 — аварійний муловий майданчик; 16 — піщаний майданчик; М — насосна станція: а — вода з виробництва, b — пісок на вивіз, c — осад на вивіз, d — обезводнений осадок на вивіз, e — очищена вода, j — повітря, F11 — витрата, D21 — концентрація мінеральних домішок перед піскоуловлювачами, D22 — концентрація мінеральних домішок після піскоуловлювачів, D31 — мутність води до первинного відстійника, D32 — мутність води після первинного відстійника, L32 — рівень осаду (мулу) первинного відстійника, F41 — витрата води з флотатора, D41 — мутність (концентрація зважених частин) води на виході із флотатора, F42 — витрата $\text{Ca}(\text{OH})_2$, F43 — витрата $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, F44 — витрата повітря на флотацію, T51 — температура перед аеротенком-змішувачем; D51 — мутність перед аеротенком-змішувачем, T52 — температура після аеротенка-змішувача, D52 — мутність після аеротенка-змішувача, F51 — витрата повітря на аеротенк-змішувач, T53 — температура повітря на аеротенк-змішувач, F52 — витрата рециркуляційно-активного мулу (РАМ) аеротенка-змішувача, Q51 — концентрація кисню в аеротенку-змішувачі, Q52 — концентрація РАМ аеротенка-змішувача, Q53 — рН в аеротенку-змішувачі, D53 — біологічне споживання кисню (БСК) води в аеротенку-змішувачі, D61 — мутність води у вторинному відстійнику, D62 — мутність води після вторинного відстійника, L62 — рівень осаду (мулу) вторинного відстійника, T71 — температура води перед аеротенком-витиснювачем, D71 — мутність перед аеротенком-витиснювачем, T72 — температура після аеротенка-витиснювача, D72 — мутність після аеротенка-витиснювача, F71 — витрата повітря на аеротенк-витиснювач, T73 — температура повітря на аеротенк-витиснювач, F72 — витрата РАМ аеротенка-витиснювача, Q71 — концентрація кисню в аеротенку-витиснювачі, Q72 — концентрація РАМ аеротенка-витиснювача, Q73 — рН в аеротенку-витиснювачі, D73 — БСК води аеротенка-витиснювача, D81 — мутність води в третинному відстійнику, D82 — мутність води після третинного відстійника, L82 — рівень осаду (мулу) третинного відстійника, F91 — витрата розчину NaOCl , F92 — витрата стоків на виході, D91 — масова концентрація хлору після лотка-змішувача, D92 — концентрація аміаку, P1 — Coli-індекс, P2 — Coli-титр

Для забезпечення функціонування системи в режимі реального часу пропонується використовувати монітор хімічного споживання кисню (МХСК) на основі хемілюмінесценції. Використання цього методу надасть можливість замінити вимірювання БСК на хімічне споживання кисню (ХСК). Завдяки цьому з'явиться можливість реалізувати режим реального часу.

При цьому також рекомендується вимірювати кількісні та якісні показники стічних вод на основних місцях формування забруднювачів на точках виробничих ліній (транспортно-мийне, дифузійне відділення, ТЕЦ). Це дасть змогу зменшити інертну складову і збільшить швидкість реакції системи, а також з'явиться можливість реагувати на зміни режиму роботи виробництва. В подальшому можливо розробити систему прогнозування та визначення параметрів забруднення за непрямими показниками, що, у свою чергу, позитивно позначиться на якості регулювання та очищення в цілому.

Води оборотної системи транспортно-мийного відділення (від бурякового елеватора і ваг, жомокислі і жомопресові води) є III типом стічних вод цукрового виробництва і містять такі основні забруднювачі:

- транспортно-мийна вода: механічні домішки до 5% від ваги сировини, високі показники органічного забруднення, бактеріальне забруднення. Ці стоки переважають за кількістю. Пропонується вимірювати витрату води, ХСК (використовувати монітор хімічного споживання кисню на основі хемілюмінесценції), температуру і бактеріологічне забруднення.

- жомокислі і осад жомопресової води: завислі речовини більш 100 мг/л, окиснюваність 3000 мгО₂/л, БСК більше 5000 мгО₂/л. Ці стоки є найбільш забрудненими водами. Пропонується в місці скидання вимірювати такі параметри: витрату, ХСК і температуру.

- стічні води ТЕЦ мають у своєму складі хлориди натрію, кальцію і магнію у значних концентраціях. Від продуктів котлів — гідрокарбонати натрію та завислі речовини. Пропонується вимірювати витрату, температуру та концентрацію солей.

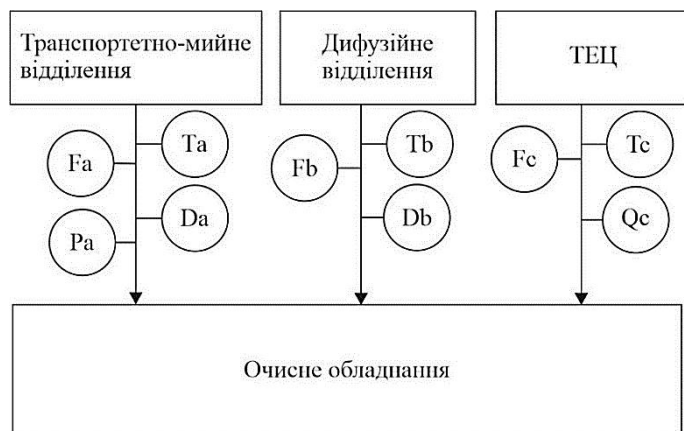


Рис. 3. Схема вимірювання параметрів стічних вод в основних місцях їх формування:

Fa, Fb, Fc — витрата; Pa — бактеріологічне забруднення; Da, Db — ХСК;
Qc-концентрація солей; Ta, Tb, Tc — температура

Вищезазначені параметри передаються в систему автоматичного керування очисним обладнанням для корегування керуючих впливів.

Висновки

Досліджено недоліки керування системою водоочистки стічних вод цукрового заводу. В режимі реального часу розроблено концептуальну схему системи моніторингу параметрів очистки стічних вод цукрового виробництва з використання монітору хімічного споживання кисню, що дасть змогу системі автоматичного керування працювати в режимі реального часу. Розроблена схема вимірювання параметрів стічних вод в основних місцях їх формування. Вимірювання кількісних і якісних показників стоків в місцях їх формування призведе до зменшення інертної складової і збільшить швидкість реакції системи, зменшить вплив людського фактора і поліпшить якість регулювання процесу очищення, мінімізує кількість аварійних ситуацій.

Аналіз отриманих даних надасть можливість подальшої розробки та інтеграції в систему сучасних методів автоматизації.

Література

Гавриленков, А., Зарцына, С., Зуева, С. (2006). *Экологическая безопасность пищевых производств*. Санкт-Петербург: Гиорд.

Васильев, С., Домашенко, Ю., Ляшков, М., Матвиенко, А., Митяева, Л., Глушенко, Ю. (2017). *Анализ источников формирования сточных вод на агропредприятиях, их качественных и количественных показателей (научный аналитический обзор)*. Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. Взято з <http://www.rosniipm.ru/izdan/2017/Dom17.pdf>.

Запольський, А., (2005). *Водопостачання, водовідведення та якість води*. Київ. Вища школа.

Зінченко, М., Пономаренко, Є., Букатенко, Н., Голубкіна, О. (2020). Анаеробна біологічна очистка стічних вод виробництва цукру. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*, 2(4), 3—10.

Сорокін, А., Скорик, К., Хоменко, М., Штангеев, К. (2015). Складові стічних вод буряко-цукрового виробництва, заходи щодо зменшення їх кількості та витрат свіжої води. *Цукор України*, 11—12(119—120), 21—24.

Сорокін, А., Хоменко, М. (2015) Про технічну досконалість оборотних систем гідро-транспорту та миття буряків на цукрових заводах. *Цукор України*, 5(113), 8—12.

CHOICE OF HIERARCHY AND ONTOLOGY OF THE TOP LEVEL FOR THE DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES

L. Vlasenko, T. Savchenko

Kyiv National University of Trade and Economics

N. Lutska

National University of Food Technologies

Key words:

*Intelligent automated
control system
Ontology
Ontological layering
Concepts
Data
Knowledge*

Article history:

Received 13.07.2021
Received in revised form
19.07.2021
Accepted 10.08.2021

Corresponding author:

L. Vlasenko
E-mail:
vlasenko.lidia1@
gmail.com

ABSTRACT

The article focuses on a choice of hierarchy and ontology of the top level for the development of intellectual automated control systems for industrial enterprises. Due to the development of information and cloud technologies, the problem of storing large data sets has been partially solved, but the quality and speed of their processing remains an urgent task. Automation of all levels of enterprise management, integration of systems for different purposes (monitoring, forecasting, diagnosis, quality management, decision support, etc.), operating on the basis of modern approaches, increase the amount and diversity of information and knowledge to work with. Data harmonization with different characteristics allows the use of ontologies. That is why today there is a rapid development of this area.

Construction of an intellectual automated control systems for industrial enterprises requires consideration and coordination of various tasks, requirements, restrictions, relations and features of functioning and interaction of its elements. To create a system with minimal errors, there is need to choose the right concept. The use of ontologies of different levels will allow to define and introduce the basic concepts and relations between them for the subject area at the top level with constant refinement, detailing in classes, subclasses, concepts at lower levels. The article presents an analysis of the existing successful variants of hierarchies of ontologies implemented in various areas. Based on the analysis of ontology hierarchies, the criteria are proposed according to which it is expedient to choose the number of levels and the type of ontology that will be developed. Summary data on the main ontologies of the top level are given, indicating the possibility of their integration with other ontologies, logics, languages, dictionaries, specifications. As a result, the structure of the ontology of the intellectual automated control systems for industrial enterprises is given.

ВИБІР ІЄРАРХІЇ ТА ОНТОЛОГІЇ ВЕРХНЬОГО РІВНЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМ ПІДПРИЄМСТВОМ

Л. О. Власенко, Т. В. Савченко

Київський національний торговельно-економічний університет

Н. М. Луцька

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена вибору ієрархії онтології для розробки інтелектуальної автоматизованої системи управління промисловим підприємством. У зв'язку з розвитком інформаційних і хмарних технологій частково вирішена проблема зберігання великих масивів даних, але якість та швидкість їх обробки залишається актуальним завданням. Автоматизація всіх рівнів управління підприємством, інтегрування систем різного призначення (моніторингу, прогнозування, діагностування, керування якістю, підтримки прийняття рішень тощо), що функціонують на основі сучасних підходів, примножують кількість і різноманітність інформації та знань, з якими доводиться працювати. Узгодження даних з різними характеристиками дає змогу використовувати онтології. Саме тому на сьогодні спостерігається стрімкий розвиток цього напрямку.

Побудова інтелектуальної автоматизованої системи керування промисловим підприємством вимагає врахування й узгодження різноманітних задач, вимог, обмежень, відношень та особливостей функціонування і взаємодії її елементів. Для створення системи з мінімальною кількістю помилок необхідно обрати правильну концепцію. Застосування онтологій різних рівнів дасть змогу визначити та ввести основні поняття та відношення між ними для предметної області на верхньому рівні з постійним уточненням, деталізацією у класах, підкласах, концептах на більш низьких рівнях. У статті наведено аналіз існуючих вдалих варіантів ієрархій онтологій, що реалізовані в різних галузях.

На основі проведеного аналізу ієрархій онтологій запропоновано критерії, за якими доцільно проводити вибір кількості рівнів та виду онтологій. Наведено зведені дані щодо основних онтологій верхнього рівня із зазначенням можливості їх інтеграції з іншими онтологіями, логіками, мовами, словниками, специфікаціями. Як результат, розроблено структуру онтології інтелектуальної автоматизованої системи управління виробничим підприємством.

Ключові слова: *інтелектуальна автоматизована система керування, онтологія, рівні онтології, концепти, дані, знання.*

Постановка проблеми. В умовах діджиталізації не тільки промисловості, а й усіх сфер життя людини, стрімкого розвитку Інтернету речей, об'єктивної необхідності у створенні і повсюдному впровадженні цифрових двійників виникла проблема роботи з великими масивами різноманітної інформації, що може бути представлена не тільки в різних одиницях вимірювання, але й мати різне представлення — цифрове, графічне, вербальне тощо. Іншою проблемою є по-

еднання цих даних між собою. У зв'язку з активним розвитком автоматизації різних рівнів виробництва та розробкою і впровадженням великої кількості інтелектуальних автоматизованих систем керування різного призначення з метою підвищення ефективності функціонування підприємств виникає проблема виділення оптимальних оперативних об'єктів максимально інформативних даних з усієї інформації, що функціонує в його межах.

Останнім часом, як варіант вирішення означених вище проблем, розвивається підхід, що ґрунтується на використанні онтологій. Роботи з розробки онтологічних понять, визначень, методологій тощо велись ще наприкінці XX ст. (Guarino, 1998), але активний розвиток припадає на XXI ст., що пов'язано передусім з розвитком Інтернету та пошукових ресурсів, вимогою до яких є отримання точної, оперативної та надійної інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні не існує єдиного уніфікованого поділу онтологій на рівні. У наукових працях запропоновано обґрунтовані варіанти виділення різних рівнів онтологій залежно від вирішуваних задач і проблемних областей. Зазвичай, виділяються типи онтологій, що включають формальні онтології, онтології верхнього рівня, проміжні онтології, онтології середнього рівня, регіональні онтології, онтології нижнього рівня, онтології предметної області, онтології матеріалів, довідкові і прикладної онтології. Крім того, часто в різних варіантах ієрархії онтології можуть мати приблизно однакову назву, але різне призначення і область застосування. В статті наведено основні найпоширеніші та застосовувані ієрархії онтологій, що існують сьогодні, залежно від завдань промислового призначення, які вирішуються. Крім того, існують різні підходи до розбиття онтологій на рівні. Більшість онтологій мають ієрархію, що залежить від рівня абстракції. Нижче наведені найпоширеніші варіанти.

Необхідність розділення онтологій на різні рівні виникла у зв'язку зі складністю задач та їх типів. Зокрема, на рис. 1 представлено два напрями розвитку ієрархій (Guarino, 1998). Переважна більшість онтологій складається з онтології верхнього рівня (Top-level Ontology, Upper Ontology), які описують дуже загальні концепти, що не залежать від конкретної проблемної області. Тому онтології верхнього рівня розвиваються узагальненими і абстрактними для великих і різнонаправлених груп користувачів.

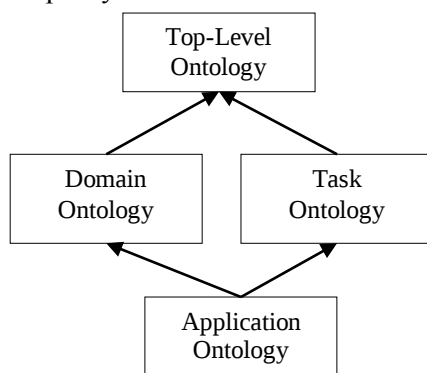


Рис. 1. Загальна стратегія розробки онтологій

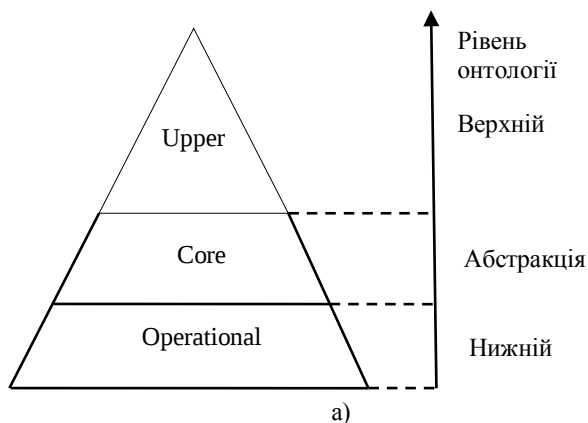
На другому рівні онтології представлені онтології предметної області (Domain Ontology) або онтології задач (Task Ontology). Онтології предметної області та онтології задач описують, відповідно, словник, пов'язаний із загальною предметною областю або спільним завданням чи діяльністю, відповідно, шляхом спеціалізації й уточнення термінів, представлених в онтології верхнього рівня.

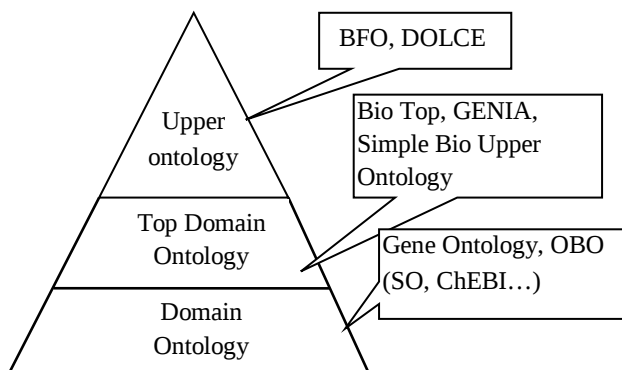
На нижньому рівні прикладні онтології описують концепти, що залежать як від конкретної області, так і від завдання, які часто є уточненнями обох зв'язаних онтологій. Ці концепти часто відповідають ролі, що виконується об'єктами предметної області при виконанні певної дії, наприклад, змінного блоку або запасного компонента.

Фактично більшість онтологій розвиваються по лівій гілці (рис. 1). Онтологію задач часто включають або в рівень онтологій предметної області, або в прикладні онтології.

На рис. 2 а представлена трирівнева онтологія на основі семантичної мережі і RDF-ресурсів, що залежить від рівня абстракції. В (Ziemer, 2003) наведено результат роботи групи замовників і розробників для задачі узгодження фінансових і юридичних питань. У цій ієрархії виділяється верхній рівень, що має назву Upper foundation або онтології верхнього рівня (Top-level), абстрактний рівень або рівень ядра (Core), предметний (Domain) і нижній рівень операційний (Operational) або субпредметний (Sub-domain).

Онтологія верхнього рівня в цій структурі описує дуже загальні концепції, однакові для всіх галузей знань. Верхній рівень може бути представлений такими відомими варіантами, як BFO, GFO, DOLCE, SUMO. Метою предметної онтології є глобальна модель, в яку передаються та інтегруються дані з різних джерел. Вона застосовується до певної галузі: біології, медицини, юриспруденції, фінансів тощо. Операційна онтологія є фактичною реалізацією базової онтології.





б)

Рис. 2. Ієрархія онтологій: а) трирівнева на основі семантичної мережі і RDF-ресурсів;
б) трирівнева, розроблена для біологічної області

На рис. 2 б наведено трирівневу ієрархію, розроблену для вирішення задачі в біологічній області (Stenzhorn, 2007). Онтології для біологічної та медичної областей найбільш розроблені на сьогодні, тому при побудові прикладної онтології для такої галузі науковці мають можливість використати велику кількість онтологій різних рівнів, що знаходяться у вільному доступі.

Онтології верхнього рівня Upper Ontology, до якого відносяться відомі онтології BFO, DOLCE, окреслюють дуже обмежений загальний понятійний апарат, але містять темпоральну частину.

Онтології середнього рівня або онтології «верхнього домена» для рис. 2 б представлені онтологіями Bio Top (Beisswanger, Schulz & Hahn, 2008), GENIA що виконують роль базових словників біомедицини та молекулярної біології, відповідно, з однозначними визначеннями основних сутностей та описами фактів зазначених галузей. Ці сутності уточнюються та розбиваються на класи на нижньому рівні — домени. Фактично онтологія верхнього домена є певною зв'язкою, яка включає основні класи базової області для взаємодії як з онтологіями верхнього рівня, так і з онтологіями домену.

Кількість онтологій предметної області для будь-якої галузі необмежені і залежать від складності поставленої задачі та об'єму онтології, що застосовується. Для біомедичної сфери предметна область на сьогодні одна з найбільш описаних. Найвідоміші онтології предметної області включають онтологію геному Gene, велику відкриту онтологію OBO, яка є широкою областю знань і предметною областю. В загальному випадку онтологія домена складається з множини низькорівневих доменно-специфічних класів для всебічного опису певного домена та його аспектів.

Перевагою такої ієрархії є те, що розробник, з одного боку, має вже готові рішення, а з іншого — необмежений існуючими варіантами і може робити доповнення «під себе». Більшість онтологій для біомедичної сфери підтримують мову OWL, що знімає проблему їх з'єднання між собою. Крім того, он-

тологія верхнього рівня BFO на сьогодні знаходиться в стані активної стандартизації, як універсальна онтологія верхнього рівня.

Також останнім часом поширеним є використання онтологій в інформаційному середовищі, зокрема в пошукових ресурсах. Цей напрямок ґрунтується на використанні Semantic Web, тому успішність розробки і реалізації пошукових ресурсів безпосередньо залежить від семантичної узгодженості сторінок, що обмінюються інформацією. При цьому необхідно врахувати і вирішити низку проблем, пов'язаних із розв'язанням конфліктів, що виникають через семантичну гетерогенність, коли два контексти по-різному використовують одну й ту саму інформацію (Noy, 2004).

У (Haller, Polleres, 2020) запропоновано поділ онтологій (як адаптація класифікації онтологій Гуаріно) на рівні залежності від рівня абстракції, з одного боку, і можливості повторного використання онтології — з іншого. На рис. 3 наведено ієрархію онтологій для інформаційного напрямку.

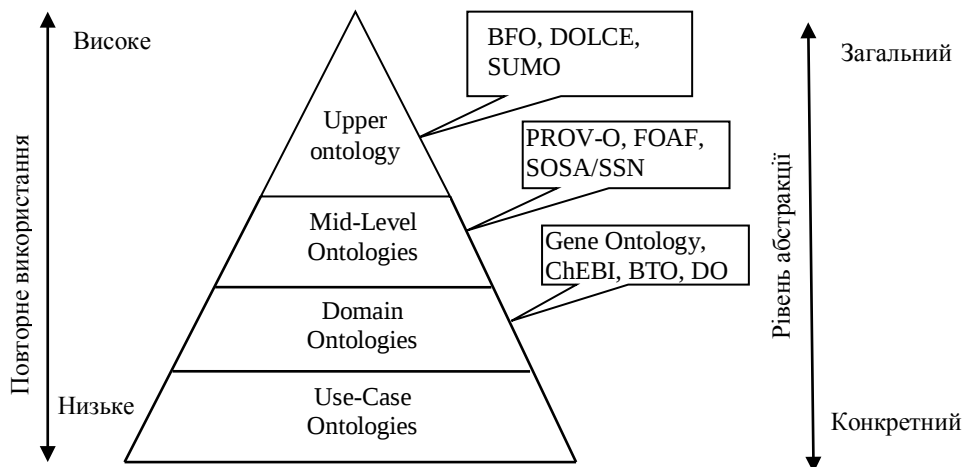


Рис. 3. Чотирирівнева ієрархія онтологій на основі класифікації Гуаріно

Цей поділ включає чотири рівні. На верхньому рівні — представлені онтології, які визначають дуже загальні терміни для всіх областей знань. Онтології середнього рівня Mid-Level Ontologies з'єднує між собою абстрактний зміст онтологій верхнього рівня і конкретику онтологій нижнього рівня. Онтології предметної області Domain Ontologies описують поняття конкретної області, моделюють понятійний апарат, визначення основних термінів тощо. Онтології варіантів Use-Case Ontologies залежно від вирішуваних задач містять конкретний набір деталізованих класів і відношень. Тобто, чим нижчий рівень онтологій, тим деталізація буде вищою, а абстракція меншою, і навпаки, повторність або універсальність застосування у всіх сферах — прямо пропорційна.

Основними недоліками онтологій інформаційного напрямку є проблематичність з оновленням версій і узгодженості вже побудованих варіантних рішень з оновленнями. Фактично лише сучасні онтології стандартизовані у W3C, Time Ontology (Cox & Little, 2020) та SSN/SOSA (Haller, Janowicz, & Lefrançois, 2017) встановлюють зв'язок термінів з попередньою версією, при цьому Time Ontology

використовує старий URI, а SSN/SOSA вводять новий. Перевагою є різноманітність онтологій для різних рівнів, частина з яких відкриті. Розробники, які працюють у цій сфері, стверджують, що найбільш вдалою є реалізація «знизу — вгору», використана при побудові онтологій пошуку у Wikipedia та Wikidata яка забезпечує їх ефективне функціонування. В працях (Луцька, Власенко & Пупена, 2021; Луцька, Власенко & Пупена, 2020) було розглянуто особливості функціонування та роботи з онтологічними базами даних для Wikipedia та Wikidata.

У праці (Ma, Schultz & Jorgensen, 2019) наводиться один з найпоширеніших варіантів трирівневого розбиття онтологій для багатоагентних систем енергетичної галузі. В основі цього поділу покладено можливість повторного використання й уточнення понять і термінів «зверху донизу». На рис. 4 наведено три рівні онтологій: онтології верхнього рівня (Upper ontology), онтології предметної області (Domain ontology) та прикладна онтологія (Application ontology). Онтології верхнього рівня надають загальні та узгоджені концепції, на які посилаються інші онтології. Онтології предметної області повторно використовують або уточнюють концепції з онтологій верхнього рівня і визначають терміни і відносини, які відповідають конкретній предметній області. Прикладні онтології повторно використовують і розширюють терміни з однієї або декількох онтологій предметної області для застосування в конкретній прикладній програмі і, як правило, доволі унікальні і не можуть бути повторно використані для інших додатків.

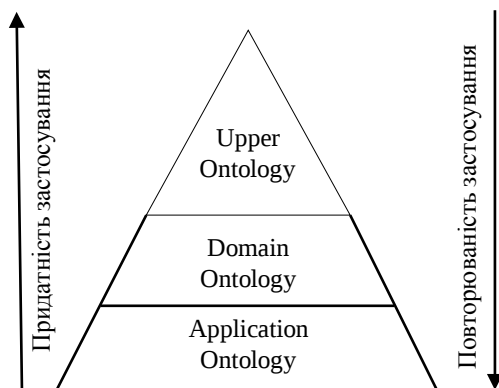


Рис. 4. Трирівнева онтологія багатоагентних систем

Ще одна важлива праця з побудови онтології (Winters & Tolk 2009; Hodgson 2009), у якій наведені моделі онтологій, розроблених NASA (NexIOM). Через складність моделі, в основі якої сімейство приблизно 140 онтологій, які працюють із сотнями наборів даних, у статті структура не наводиться. Результатом функціонування є пошук інформації для створення відповідних продуктів на основі взаємодії між системами та інструментами, що входять до складу онтології. Така модель є унікальною і дуже спеціалізованою, тому в інших галузях не використовується.

Кардинально відмінним підходом до побудови онтології є підхід, розроблений українським академіком А. В. Палагіним (Палагин, Кривый & Петренко,

2012). Особливістю цього підходу є те, що для розробки онтологій виділяються не рівні, а предметна (ПдО) і проблемна області, які складаються з онтологій-компонентів (рис. 5), об'єднаних ієрархічно: онтології об'єктів O^0 , що містить класи, підкласи і їх елементи; онтології процесів ПдО $O^П$, до складу якої входять процеси, підпроцеси, дії, операції; онтології задач O^3 , що можуть бути представлені і вирішені в ПдО і складаються із сукупності задач, підзадач, процедур і операцій. Приклад реалізації цього підходу наведено в (Lutskaaya, Vlasenko & Shtepa, 2020). Перевагою цього підходу є те, що він дає змогу використовувати вже існуючі розроблені онтології, проводити реалізацію на основі OWL-орієнтованих онтологій, містить чітко виділені проблеми, задачі та методи їх вирішення.

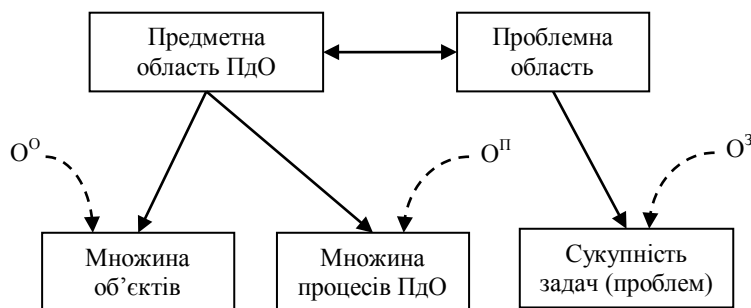


Рис. 5. Схема онтологій-компонентів предметної та проблемної областей

Метою статті є висвітлення існуючих варіантів поділу онтологій на рівні при проектуванні знаннеорієнтованих автоматизованих систем управління промислових підприємств, аналіз існуючих ієрархій та виділення критеріїв, на які доцільно орієнтуватись проєктанту при виборі структури онтології, її ієрархії і видів онтологій, що будуть представлені на кожному відповідному рівні. Розроблювана онтологія орієнтована на використання бази знань усього підприємства, що включає різні види інформації, які функціонують на підприємстві, в тому числі галузеві, емпіричні та експертні знання.

Викладення основних результатів дослідження. На вибір ієрархії онтологій, кількість рівнів і склад при вирішенні поставлених задач впливає багато факторів, починаючи від складності самої проблеми і закінчуючи кількістю концептів, що входять до складу онтології. Для вирішення цих проблем доцільно виділити критерії, за якими проєктант проводитиме оцінку існуючих варіантних рішень і можливість застосування до своєї галузі. Для кожного рівня при виборі онтологій набір критеріїв буде різнитись у зв'язку із множиною причин, пов'язаних із наявністю вже готових відкритих/закритих онтологій для певної галузі, складності запитів, допустимої швидкості реагування розробленого інформаційного продукту тощо. Але доцільно виділити загальні критерії, за якими можна оцінити онтології всіх рівнів та їх структуру, з подальшим розширенням і коригуванням їх кількості залежно від рівня, для якого проводиться вибір. У зв'язку з цим слід використовувати критерії, які максимально повно будуть відображати відповідність онтології, що оцінюється. Крім того, після оцінки існуючих онтологій на кожному рівні проєктант буде мати чітке розу-

міння, чи існує набір онтологій, які його задовольняють, чи слід розробляти свої, і скількох рівневу ієрархію доцільно йому використати.

З огляду на промислове призначення розроблюваної інтелектуальної автоматизованої системи управління підприємством, особливості даних, знань і функцій кожного управлінського рівня, виділено такі критерії:

1. *Доступність*. Цей критерій характеризує можливість доступу до онтології і може бути уточнений при складанні опитувальника у таких варіантах: чи вона розміщена в репозиторіях з відкритим доступом, безкоштовна чи платна, чи підтримується глобальний пошук, чи є підтримка цієї онтології.

2. *Ціна*. Якщо онтологія платна, то фінансове питання стає актуальним.

3. *Можливість виявлення*. Як відомо, більшість існуючих онтологій доволі погано виявляються пошуковими системами в мережі Internet. Тому часто необхідно затратити значну кількість часу для пошуку потрібного варіанта онтології, а інколи через це можна не знайти існуючу онтологію, що відповідає заданим вимогам.

4. *Наявність* відповідної онтології в галузі, в якій проводиться робота. Цей критерій є одним з важливих, оскільки розробка будь-якої, навіть дуже маленької, онтології — це серйозна і трудомістка робота, завжди доцільно використовувати вже існуючі онтології. На сьогодні розвиток онтологій різних рівнів проходить нерівномірно. Наприклад, у сфері біомедицини розроблено велику кількість різних онтологій з тезаурусами, які включають десятки тисяч понять і відношень між ними. Також до розвинутих галузей можна віднести інформаційну базу знань, яка розвивається активно через стрімке вдосконалення пошукових систем, алгоритмів і методик в Internet. Авторам не вдалось свого часу знайти онтології та онтологічні бази знань з автоматизації (Палагин, Крытый & Петренко, 2012).

5. *Повнота та адаптивність*. Перегукується із попереднім критерієм, але враховує, наскільки різнопланово наповнена галузева онтологічна база та наскільки можливо її адаптувати під вирішувану задачу.

6. *Відкритість*. Навіть у випадку, якщо вдається знайти онтологію, яка підходить до вирішення задачі, зазвичай, необхідно проводити суттєве доопрацювання, доповнення потрібними термінами, відношеннями, аксіомами, правилами тощо. Тому важливим є те, чи відкрита онтологія до внесення змін сторонніми користувачами або чи є і які саме механізми для проведення її уточнення.

7. *Сумісність*. Можливість комплексувати онтології різного та одного рівня між собою. На сьогодні актуальним є OWL-орієнтованість існуючих варіантів. У табл. 1 наведено приклади сумісних між собою онтологій без орієнтування на галузь їх приналежності.

8. *Технічне обслуговування та версії*. Цей критерій дає змогу оцінити наявність технічного обслуговування онтології, вихід нових версій і їх сумісність між собою і як поводитиметься нова версія у вже існуючих поєднаннях онтологій.

9. *Модульна будова*. Якщо для поставленої задачі це актуально.

10. *Якість*. Критерій показує, чи онтологія, розвиваючись, залишається послідовною, правильною, чи наявний механізм зворотного зв'язку для відслідковування проблем.

11. *Стандартизація.* Критерій показує відповідність онтології існуючому міжнародному стандарту чи, можливо, вона сама є частиною стандарту.

Аналіз онтологій можна проводити на основі стандартної процедури експертного оцінювання.

Для інтелектуальної автоматизованої системи управління виробничим підприємством розроблено структуру онтології, представлену на рис. 6. Особливістю її є орієнтація на рівні управління підприємством, задачі, а також онтологію верхнього рівня BFO, яка сьогодні знаходиться на стадії стандартизації.

Таблиця 1. Характеристика сумісності онтологій

Онтологія верхнього рівня	Мова	Інтеграція з іншими онтологіями, логіками, мовами, словниками, специфікаціями
BFO	OWL	SSN/SOSA, FOAF, BOT, PROV-O, IAO, OWL-Time, QUDT, Saref, Calidad Aire, Org, Ifc OWL, QUDT
DOLCHE	First Order Logic, KIF, OWL	DAML+OIL, LOOM, RDFS, CASL, FOAF, OBO Relation Ontology, OAI-ORE
SUMO	SUO-KIF, OWL	WordNet, FrameNet, EMELD, XML, DAML (not FOL), LOOM, Protege (not FOL)
Сус	CycL formal language, є вбудований Ontology Exporter з Сус в OWL	WordNet

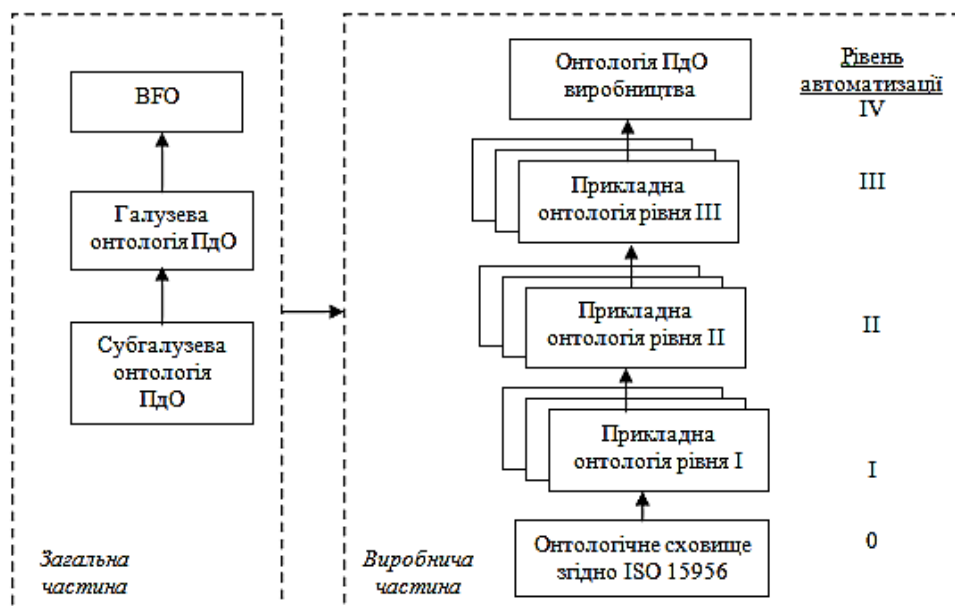


Рис. 6. Структура онтології інтелектуальної автоматизованої системи управління виробничим підприємством

Висновки

У статті наведені основні види ієрархій онтологій за принципами їх виділення. На основі аналізу літератури визначено особливості кожної ієрархії із зазначенням основних характеристик. Запропоновано множину критеріїв з коротким описом кожного, які можуть бути взяті за основу розробниками онтологій та онтологічних баз знань на промислових підприємствах. Розроблено універсальну структуру онтології інтелектуальної автоматизованої системи управління виробничим підприємством, що включає різні види інформації, які функціонують на підприємстві, в тому числі галузеві, емпіричні та експертні знання. Таким чином, в дослідженні конкретизується та доповнюється раціональний вибір ієрархії та онтології верхнього рівня для розробки інтелектуальних автоматизованих систем управління промисловим підприємством на основі виділених показників.

У подальшому планується провести детальний аналіз особливостей функціонування популярних онтологій верхнього рівня, визначення їх переваг і недоліків для комплексу «автоматизація-харчова промисловість» галузі знань.

Література

Луцька, Н. М., Власенко, Л. О., Пупена, О. М. (2020). *Використання SPARQL-запитів для доступу до вузлів Wikidata*. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами». Київ: НУХТ.

Луцька, Н. М., Власенко, Л. О., Пупена, О. М. (2021). Технічні аспекти інтеграції відкритих онтологічних баз знань із сучасними автоматизованими системами управління. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 27(1), 8—21.

Палагин, А. В., Крывый, С. Л., Петренко, Н. Г. (2012). *Онтологические методы и средства обработки предметных знаний: монография*. Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля.

Beisswanger, E., Schulz, S., Stenzhorn, H., Hahn, U. (2008). BioTop: an upper domain ontology for the life sciences. *Applied Ontology*, 3(4), 205—212. <https://doi.org/10.3233/AO-2008-0057>.

Cox, Simon J. D., Little, C. *Time ontology in OWL*. W3C Recommendation. <https://www.w3.org/TR/owl-time/>.

Guarino, N. (1998). *Formal ontology in information Systems*. Proceedings of the First International Conference (FOIS'98). Trento, Italy: IOIS Press.

Haller, A., Polleres, A. (2020) Are we better off with just one ontology on the Web? *Semantic Web*, 11(1), 87—99. <https://doi.org/10.3233/SW-190379>.

Haller, A., Janowicz, K., Cox, Simon, J. D., Phuoc, D. L., Taylor, K., Lefrançois, M. *Semantic sensor network ontology*. W3C Recommendation. <https://www.w3.org/TR/vocab-ssn>.

Hodgson, R. (2009). *NASA NexIOM Ontologies, Briefing at the C2 Ontology Technical Exchange*. National Center for Ontological Research (NCOR). Washington, DC: U.S. Joint Forces Command.

Lutsкая, N., Vlasenko, L., Zaiets, N., Shtepa, V. (2020). *Ontological aspects of developing robust control systems for technological objects*. Vasant P., Zelinka I., Weber G. W. (eds) Intelligent computing and optimization. ICO 2020. Advances in intelligent systems and computing. Hua Hin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68154-8_107.

Ma, Z., Schultz, M. J., Christensen, K., Varbak, M., Demazeau, Y., Jorgensen, B. N. (2019). The application of ontologies in multi-agent systems in the energy sector. *Energies*, 12, 3200. <https://doi.org/10.3390/en12163200>.

Noy, N. F. (2004). Semantic integration: a survey of ontology-based approaches. *SIGMOD Rec.* 33(4), 65—70. <https://doi.org/10.1145/1041410.1041421>.

Ziemer, J. (2003). *Semantic compliance in finance*. Reference ontologies: financial compliance depends on finance and legal. Взято з: <https://finregont.com/reference-ontologies/>.

Stenzhorn, H. et al. (2007). *Towards a Top-Domain ontology for linking biomedical ontologies*. Studies in health technology and informatics, 129 (Pt 2): 1225-9. Взято з <https://doi.org/10.3233/978-1-58603-774-1-1>.

Winters, L., Tolk, A. (2009). *C2 domain ontology within our lifetime*. Paper presented at the 14th International command and control research and technology symposium (ICCRTS). Washington, DC: Computational Modeling & Simulation Engineering Faculty Publications.

CLASSIC AND QUANTUM-DYNAMIC PROPERTIES OF DRINKING WATER

A. Martseniuk, S. Litvynchuk

National University of Food Technologies

L. Martseniuk

Institute for Nuclear Research NAS of Ukraine

Key words:

*Homoeopathy
Quantum-dynamic
properties of water
Coherent domains
Nanotechnology
Drinking-water
Frequencies of
resonances*

Article history:

Received 03.08.2021
Received in revised form
13.08.2021
Accepted 25.08.2021

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Properties of water are stipulated by hydrogen copulas and at normal terms water is considered to be thermodynamically steady system with no changes in it. On the basis of such presentations the phenomena, related to the behavior of water is not explained. In water there is dissociation and ionization of molecules that testifies that water is thermodynamically not steady system.

A new approach to the theory of water systems based on quantum physics has significantly expanded understanding of water structures, to explain their interaction between themselves and the universe and the impact on the human body.

It is shown that the interaction of the electromagnetic field with water leads to the formation of coherent domains in water areas in the form of separate stable spherical particles (dispersion phase), distributed in a continuous phase of water, which is physically different from water according to our previous traditional ideas. This made it possible to explain not only the anomalous properties of water, but also to create a fundamentally new idea of water as the main organizing force of nature, the influence of which is due to the resonant interaction of electromagnetic waves with coherent media and water systems living organisms.

It was established that uncontrolled technogenic electromagnetic radiation and nanotechnologies degrade the natural properties of water and through water structures have a detrimental effect on the human body. Contamination of water sources, chlorination of water and the use of steel pipelines to supply water to the population are unacceptable.

Due to the deteriorating environmental situation, it is recommended to immediately increase attention to improving the quality of drinking and technological water, urgently develop and implement new standards for water, taking into account its quantum-dynamic characteristics, favorable for humans.

КЛАСИЧНІ І КВАНТОВО-ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

О. С. Марценюк, С. І. Літвинчук

Національний університет харчових технологій

Л. С. Марценюк

Інститут ядерних досліджень НАН України

За класичними уявленнями властивості води обумовлюються водневими зв'язками і за нормальних умов вода вважається термодинамічно рівноважною системою, в якій не повинні відбуватись жодні зміни. На основі таких уявлень не пояснюється ряд явищ, пов'язаних з поведінкою води. У воді безперервно відбувається дисоціація та іонізація молекул, що свідчить про те, що вода є термодинамічно нерівноважною системою.

Новий підхід до теорії водних систем на основі квантової фізики надав можливість значно розширити наші уявлення про водні структури, пояснити їх взаємодію між собою і Всесвітом та вплив на організм людини.

У статті показано, що взаємодія електромагнітного поля з водою приводить до утворення у воді когерентних доменів — ділянок у вигляді окремих стійких сферичних частинок (дисперсійна фаза), розподілених у суцільній фазі води, яка за фізичними властивостями не відрізняється від води за нашими попередніми традиційними уявленнями. Це дало змогу пояснити не лише аномальні властивості води, а й створити принципово нове уявлення про воду як про основну організуючу силу природи, вплив якої обумовлюється резонансною взаємодією електромагнітних хвиль з когерентними середовищами води і водних систем як між собою, так і з системами в живих організмах.

Встановлено, що неконтрольовані техногенні електромагнітні випромінювання та нанотехнології погіршують природні властивості води і через водні структури згубно впливають на організм людини. Недопустимим є забруднення водних джерел, хлорування води і використання сталевих трубопроводів для постачання населенню води.

У зв'язку з погіршенням екологічної ситуації рекомендується невідкладно посилити увагу до вирішення питання поліпшення якості питної і технологічної води, терміново розробити і впровадити нові стандарти на воду з урахуванням її квантово-динамічних характеристик, сприятливих для людини.

Ключові слова: гомеопатія, квантово-динамічні властивості води, когерентні домени, нанотехнологія, питна вода, резонансні частоти.

Постановка проблеми. Вода — найбільш поширена й одночасно найбільш унікальна речовина на нашій планеті, що є невід'ємною складовою частиною організму людини і харчових продуктів, а також розчинником, реагентом, сировиною і допоміжним технологічним компонентом, без якого неможливо організувати виробництво. Майже всі процеси харчової технології відбуваються у водних середовищах або за наявності значної кількості води.

За теорією М. П. Семенко, вода утворилась у глибині гірських порід унаслідок взаємодії наявних у них водню і кисню. Водень — найлегший і найпоширеніший елемент у Всесвіті. Він був захоплений речовиною у процесі формування планет і потім поступово дифундував назовні, одночасно утворюючи воду і формуючи атмосферу. Малі планети не змогли цю атмосферу утримати і вода залишилась лише у вигляді льоду, і тільки на Землі створились оптимальні умови для розвитку життя. Якщо ця теорія вірна, то утворення води в надрах Землі продовжується і в наш час.

Кругообіг води в природі внаслідок її випаровування і конденсації надзвичайно інтенсивний. У своєму кругообігу вода багаторазово проходить крізь природні фільтри. Частина води, що випала з атмосфери у вигляді дощу або снігу, затримується в порах ґрунту і згодом знову випаровується, частина випаровується внаслідок проходження крізь рослинні фільтри, решта стікає під дією сили гравітації у підґрунтовий шар і потрапляє в резервуари підземної води. Своєрідним фільтром-консервантом води гідросфери є льодовики.

За кілька сотень років вся маса Земної води проходить крізь живі організми бактерій, рослин, тварин (Дерпгольц, 1979) і стає біогенною, відмінною від космічної, зберігаючи внаслідок структурної будови залишки властивостей живої речовини. У живих клітинах вода є складовою частиною колоїдноподібного розчину біополімерів і за структурою відрізняється від природної. Недарма академік Вернадський вважав, що вода і жива речовина — генетично зв'язані частини організованої земної кори.

Людина для своїх потреб використовує природну прісну воду, проте з розвитком промисловості, зокрема харчової, зростає використання й забруднення природної води. Вода в річках і озерах не встигає самоочищатись, як це було 50...100 років тому, багато річок перетворились на стічні канами і навіть підземна і снігова вода на всій планеті забруднені.

Промислові підприємства використовують воду трьох категорій: господарсько-питну, виробничу і протипожежну. Склад і властивості води з будь-якого джерела, спосіб оброблення води і конструктивні властивості водопровідної мережі повинні відповідати ДСТУ 7525: 2014 Вода питна. Вимоги та методи контролю якості. Якість води, що подається споживачу через водопровідну мережу, визначають за трьома групами показників: бактеріологічні, наявність токсичних хімічних речовин і органолептичні.

Забруднені природні, господарсько-побутові та виробничі стічні води перед використанням потрібно повністю або частково очищувати. Особливо багато завислих і стійких розчинених речовин органічного походження міститься у стічних водах млинів, спиртзаводів та м'ясокомбінатів, що вказує на потребу повного їх очищення.

Вода є першоосновою всього живого і, зберігаючи свою хімічну формулу, змінює структурну будову окремих молекул та упорядкований стан їх угруповань, реагуючи на зовнішні впливи.

За уявленнями класичної фізики властивості води визначаються особливостями слабкої електростатичної взаємодії її молекул, названої водневими зв'язками. Водневі зв'язки займають проміжне місце між ковалентними хімічними

зв'язками та невалентною ван-дер-ваальсівською взаємодією і здійснюються за участю атома водню, розміщеного між молекулами або між атомами всередині молекул. Енергія ковалентної, іонної і металевої взаємодій становить $\sim 10^2$ кДж/моль, водневого зв'язку $\sim 10 \dots 50$ кДж/моль, ван-дер-ваальсової взаємодії $\sim 0,1 \dots 1,0$ кДж/моль. Прикладом міжмолекулярного водневого зв'язку є

зв'язок між молекулами води $\text{H} - \text{O} - \text{H} \cdots \text{O} \begin{matrix} \nearrow \text{H} \\ \searrow \text{H} \end{matrix}$. Внутрішньо- і міжмолекулярні водневі зв'язки типу $\text{N}-\text{O} \cdots \text{O}$ часто зустрічаються в білках, нуклеїнових кислотах та інших біополімерах.

Водневі зв'язки між атомами сусідніх молекул сприяють орієнтації молекул води з утворенням тривимірних молекулярних асоціатів (кластерів).

Кластери — це об'єднання молекул у багатогранні структури, що за формою нагадують футбольний м'яч, внутрішні порожнини якого сумірні за величиною з молекулами води і деяких інших речовин з невеликими молекулами, зокрема газів, і заповнені цими молекулами та атомами (Антонченко, Давыдов & Ильин, 1991; Дубовкіна, 2016). Кластерні структури внаслідок дисоціації води на іони H^+ і OH^- змінюються і міняють властивості води залежно від температури, тиску, домішок, магнітного й електричного полів і зберігаються впродовж тривалого часу (до кількох годин і діб), тому можна ними керувати та використовувати структуровану (активовану, заряджену) воду в технологічних і лікувальних цілях. За нормальних умов однією з енергетично вигідних структур асоціатів чистої води є льодоподібні структури.

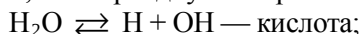
У водних розчинах водневими зв'язками можуть поєднуватись молекули води між собою, молекули води з молекулами домішок та молекули домішок між собою й утворювати лабільні просторові сітки різної структурної будови. Відстань між водневими зв'язками може змінюватись без руйнування сіток, що впливає на топологію, кількість дефектів, характер руху молекул та явища гідратації.

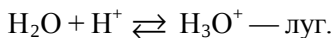
При розчиненні будь-яких речовин відбувається не лише гідратація окремих частинок і кластерів, а й будова гідратованих сторонніх молекул у зазори між кластерами, внаслідок чого змінюються структурні властивості води і її динамічні характеристики (Дубовкіна, 2016; Довгуша, Лехтлаан-Тыниссон & Довгуша, 2007). Процес розчинення газів майже завжди екзотермічний, що свідчить про перехід асоціатів води у більш упорядкований стан.

Під впливом різних факторів вода може утворювати величезну кількість досить стійких структурних форм, про що свідчить розмаїтість форм кристаліків сніжинок.

Відносно велика енергія та спрямований характер водневих зв'язків порівняно з ван-дер-ваальсовими відрізняють воду і лід від багатьох інших речовин (Дубовкіна, 2016). Для води, як амфоліту, характерне явище автопротолізу — переносу протона H^+ від однієї молекули до іншої з утворенням комплексів H_3O^+ , H_5O_2^+ та ін.: $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$.

З точки зору протеолітичної теорії кислот і основ вода може як відщеплювати, так і приєднувати протони, утворюючи кислоти і луги:





Характеристики вживаної води та її розчинів суттєво впливають на стан організму людини.

Не досить відомим фактом є участь пари води в хімічних реакціях горіння вуглеводнів (Рассадкин, 2008). Змочене водою кам'яне вугілля, його дрібнодисперсні порошки, рідке паливо (мазут, керосин, бензин) у присутності водяної пари виділяють більшу кількість теплоти і навіть не горять повністю висушеними. Вода є необхідним продуктом горіння органічної речовини в інтервалі температур 600...1700°C. Врахування цього явища важливо для розуміння функціонування живого.

Мета дослідження: на основі нових уявлень про властивості води запропонувати рекомендації щодо поліпшення її якості, оскільки уявлення про водневі зв'язки не дають змоги пояснити ряд явищ, пов'язаних з поведінкою води.

Матеріали і методи. У класичній фізиці вважається, що будь-який об'єкт рухається лише за рахунок прикладеної до нього зовнішньої сили. Фундаментальним принципом квантової фізики є те, що кожен об'єкт здійснює самовільні флуктуації, навіть коли на нього не діють ніякі зовнішні сили — це об'єктивний закон природи, відомий як принцип невизначеності Гейзенберга. Флуктують не тільки частинки, а й всеможливі поля (і пов'язана з ними енергія), які пронизують весь простір (фізичний вакуум). Через флуктуації тіла взаємодіють між собою і полями, тому в природі не існує повністю ізольованих тіл.

За класичними уявленнями вода без домішок за нормальних умов і постійної температури вважається термодинамічно рівноважною системою і тому в ній не повинні відбуватись жодні зміни (хімічні реакції). Насправді у воді безперервно відбувається дисоціація та іонізація молекул, що свідчить про те, що вода є термодинамічно нерівноважною системою.

Нерівноважність систем квантової фізики пояснюється тим, що сумарна енергія, наприклад, двох ізольованих атомів більша від повної енергії молекули, в яку вони об'єднуються, причому різниця цих енергій не розсіюється в просторі, як вважалося раніше, а витрачається переважно на деформацію (стиснення) електронних орбіт атомів, тобто вона нікуди не дівається, а запасається в енергії міжатомних зв'язків. В атомах перебудовуються не лише зовнішні (валентні), а й внутрішні орбіти, тому вони переходять у збуджений стан.

При переході з парового у рідкий стан молекули води (й інших рідин), завдяки енергії міжмолекулярних зв'язків (теплоти випаровування), деформуються; структура коливальних й обертальних рухів молекул змінюється і вони переходять у коливально-збуджений стан. Унаслідок постійного переходу молекул з одного збудженого стану в інший утворюються фотони світла від інфрачервоного до ультрафіолетового діапазону, які практично резонансно поглинаються самими ж молекулами води. Таким чином відбувається перерозподіл запасеної енергії в усьому об'ємі води, а також інтенсифікуються хімічні реакції.

У цих процесах енергія виділяється не за рахунок міжатомних і міжмолекулярних зв'язків, а самі молекули води є носіями енергії внаслідок її перерозподілу між усіма ступенями вільності частинок: електронними, коливальними, обертальними, поступальними, притягально-відштовхувальними.

Загальне енергетичне поле матеріальних тіл складається з великої кількості специфічних енергетичних полів, які формуються групами ідентичних за фізико-хімічними параметрами мікрочастинок. Ці поля відрізняються між собою хвильовою специфічністю, яка визначається особливостями характеристик відповідних частинок.

Усі матеріальні тіла приймають або віддають енергію для підтримання свого стану коливань вибірково, тобто таку, в якій вектор напруженості електромагнітного поля збігається (або близький) з аналогічним напрямком вектора (частоти і фази коливань) самого тіла.

Будь-яка зовнішня дія (електромагнітне випромінювання, надходження різних речовин (неорганічних, органічних, природних, синтезованих), звукові і механічні впливи, температура, тиск тощо) змінюють як структуру, просторове розміщення, енергоінформаційні властивості, так і кількість молекул $(\text{H}_2\text{O})_n$ в структурних угруповуваннях.

Для живої природи характерний принцип адаптивних перебудов. Кожна жива система при дії на неї певних чинників перебудовується так, щоб зменшити цю дію. Це дає змогу підтримувати стан гомеостазу, який завжди залишається нерівноважним.

Новий підхід до теорії водних систем на основі релятивістської квантової фізики (фізики квантових полів) розробили італійські фізики Дж. Препарати (1942—2000) і Е. Дел Джудіче (1940—2014) (Del Giudice, Preparata & Vitiello, 1988). Вони показали, що взаємодія електромагнітного поля фізичного вакууму з матерією в рідкому стані приводить до появи в останній когерентних доменів — ділянок, у яких молекули, замість здійснення хаотичних дифузійних коливальних рухів, починають коливатись узгоджено (фазовано), тобто переходять у цих ділянках рідини в когерентний стан (узгоджений рух між усіма молекулами) і зберігаються в стані когерентного збудження за рахунок власних властивостей когерентного домена. Внаслідок узгодженого руху молекул вода в доменах має на порядок меншу в'язкість, ніж у некогерентному середовищі, і хімічні реакції в ній відбуваються на порядок швидше.

Результати і обговорення. Теорія Препарати і Джудіче дала змогу пояснити не лише аномальні властивості води, а й створити принципово новий погляд на воду, як на основну організуючу силу природи, пояснити багато загадкових для класичної фізики явищ, таких як дифузія сторонніх молекул у воді, залежність густини води від температури, магнітні властивості води, включаючи природу практично всіх її електричних констант.

За цією теорією вода, прямуючи до мінімуму потенціальної енергії, розділяється на дві різні субстанції (краще сказати — дві фази, якщо фазами називати стани речовини, що суттєво відрізняються). Одна фаза самоорганізується у сферичні «когерентні домени» з особливими властивостями, що плавають у другій фазі — «некогерентній воді», яка за фізичними властивостями ні чим не відрізняється від води за нашими попередніми традиційними уявленнями (Воейков & Коротков, 2017). Діаметр кожного з когерентних доменів (КД) вимірюється десятими частками мікрона, що принципово відрізняється від квазігеометрич-

них моделей. За кімнатної температури загальний об'єм усіх доменів складає близько 40% від об'єму всієї двокомпонентної води.

Кожному значенню температури відповідає своя кількість молекул, що належить фазі когерентних доменів і некогерентній фазі, при цьому кожна молекула проходить через обидві фази безперервно, що породжує «мерехтливий» режим, причиною якого є температурні зіткнення. При температурі, близькій до нуля, сумарний об'єм когерентних доменів складає більшу частину об'єму води, а при наближенні до 100°C прямує до нуля. В межах КД густина води знижена, а текучість (плинність) суттєво підвищена. Когерентний стан квантової системи характеризується квантовим поняттям фази.

У доменах усі молекули води перебувають у когерентному стані з синфазними хвильовими функціями (рухаються узгоджено в одному напрямку без виникнення сили тертя між ними), внаслідок чого загальна хвильова функція цілого домена являє собою збільшену приблизно в мільйон разів (за кількістю молекул) хвильову функцію будь-якої з окремих молекул у домені (Довгуша, Лехтлаан-Тыніссон & Довгуша, 2007), що дає змогу накопичувати велику кількість енергії.

Визначним досягненням у галузі фізики води стало відкриття ефекту резонансної взаємодії низько інтенсивних електромагнітних хвиль надвисокочастотного (НВЧ) діапазону з водою і когерентними водними середовищами живого організму, суть якого не розкривалася традиційними уявленнями про властивості води і задовільно описується тільки із залученням нових положень теорії Дж. Препарата.

Вода в живих організмах структурується клітинами та молекулами організму і являє собою квантову когерентну систему, яка забезпечує синхронність біологічних процесів. Живий організм — це єдиний квантовий об'єкт, що має єдине енергоінформаційне поле, утворене його структурними елементами, і має характеристичні частоти в області НВЧ-діапазону. Біологічні об'єкти нестабільні, тобто нестійкі відносно малих збурень і постійно змінюються. Малі збурення і флуктуації на мікрорівні впливають на мікромасштабну поведінку об'єкта (яку ми спостерігаємо не завжди, а за певних умов). При класичних підходах такі збурення просто не розглядалися.

Через посередництво водних структур на живі об'єкти впливають різноманітні поля (магнітні, електричні, електромагнітні, акустичні, гравітаційні, вібраційні, поля інших живих організмів і екстрасенсів), радіоактивні випромінювання, від'ємні аероіони, астрогеофізичні фактори (землетруси, виверження вулканів, цунамі, урагани, геопатогенні зони, добові припливи і відпливи, річний рух і затемнення Сонця і Місяця), топологічні неоднорідності простору (поляризатори, призми, дифракційні решітки, піраміди, фрактально-матричні утворення).

Електромагнітні хвилі, зокрема надвисокої частоти і наднизької інтенсивності, індукують відповідні струми в тканинах живого організму. Вода і її структури поглинають і перевипромінюють хвилі різних частотних характеристик та інтенсивностей і через ці процеси об'єднують живий організм у цілісну систему, забезпечуючи взаємодію між різними органами. Чим більше вода в

організмі структурована, геометрично і просторово упорядкована, тим більше енергії та інформації вона має. Біологічну систему слід розглядати як сукупність величезної кількості взаємодіючих резонансних систем, де зміна кожної має багатofакторний характер.

За кімнатної температури резонансні частоти спектрів звичайної природної води і водного середовища живого здорового організму (зняті при дії на середовище НВЧ-випромінювань з наднизькою інтенсивністю $1 \dots 10$ мкВт/см²) практично збігаються (Синицин и др., 1999). У спектрах, знятих з тканин хворого організму, виявляються дуже вузькі піки екстремумів з високим рівнем інтенсивності на загальному хаотичному фоні, причому розміщення деяких з них не збігається з розміщенням резонансних піків води і живого організму. Під час лікування хаотична складова поступово зменшується і при одужанні ми отримуємо спектри, які практично не відрізняються від звичайних резонансних спектрів води.

За рахунок резонансної дії правильно підібраних резонансних частот випромінювань лікарського препарату або лікувально-профілактичного харчового продукту можна нормалізувати стан організму, що відбувається внаслідок взаємодії молекулярних комплексів речовини і водного середовища організму. (Звичайно, дуже важливо заздалегідь усунути причину захворювання). Отже, вода має властивості як реєструючого, так і трансформуючого, що передає свій стан організму, середовища. Через дію на воду можна змінити стан організму як у бік нормалізації, так і навпаки.

Дистильована вода принципово відрізняється від природної, яка тривалий час знаходилась у контакті із зовнішнім середовищем. Дистильована (кип'ячена) вода різко збуджена, інтенсифікована, її молекули не структуровані, перебувають у «мерехтливому» стані і поступово об'єднуються в структури, характерні для води, властивості якої встановлюються (протягом двох тижнів) взаємодією із зовнішнім середовищем. Природна вода має природну енергетику і за своїми характеристиками найбільше відповідає воді живих організмів.

Вода живих організмів, у свою чергу, принципово відрізняється від звичайної води. У живих організмах КД відокремлені один від одного, але між ними і водними структурами всього організму існує когерентний зв'язок. Когерентність означає, що всі частини живої системи являють собою єдиний ансамбль і флюктуують (коливаються, переходять з одного стану в інший) узгоджено в унісон з частотою електромагнітного поля, захопленого когерентним доменом.

Біогенна вода, яка пройшла крізь живі організми, відрізняється від природної властивостями когерентних доменів, які впродовж тривалого часу частково зберігають «пам'ять» про свою будову, що пов'язано з нееквівалентним положенням атомів водню в молекулярних утвореннях води і квантово-механічними процесами їх переходу в збуджені стани. Лікувальні властивості активованої і структурованої води ґрунтуються на збереженні її пам'яті.

Однією з широко відомих властивостей води, які не пояснюються концепціями класичної фізики, є її лікувальні властивості в гомеопатії — здатність води зберігати фізіологічну активність після багатократного розбавлення водного розчину біологічно активних речовин (БАР) до такого ступеня, що в розбавленні

теоретично може не бути жодної молекули БАР. Розрахунки показують, що після 20-го розбавлення (кожне у десять разів) ймовірність знаходження хоч би однієї молекули БАР мізерно мала, і це без більш високих розбавлень (Рассадкин, 2008). За законами хімії, реакція біологічної системи на препарат зі зменшенням концентрації в ньому активних молекул повинна знижуватись і в кінцевому підсумку зникнути.

Цікаво, що дія розбавленого лікарського препарату може бути протилежною дії тих же ліків, вживаних у звичайних дозах (наприклад, аспірин, алкоголь, миш'як тощо), а також те, що розбавлений препарат суттєво не впливає на здоровий організм, але ефективно лікує захворювання.

Ж. Бенвеніст (Dayenas et al, 1988) експериментально встановив, що електромагнітні властивості (спектр) води, яка містить лікарський препарат, можна записати на носій інформації (наприклад комп'ютер), посилити, передати на будь-яку відстань і отримати воду з біологічним ефектом активності початкової речовини, що нині використовується в гомеопатії, (і за певних умов може використовуватись вірусами для поширення).

Широкі дослідження високорозбавлених розчинів виконав О. І. Коновалов (Коновалов и др., 2014; Коновалов, 2013). Він виявив вплив на них такого слабкого фактора, як електромагнітне поле Землі.

Суттєві відмінності від «звичайної» води мають примежові шари води біля гідрофільної поверхні, а також структурованої води в живих організмах, де вода тісно контактує з клітинними структурами. Дж. Поллак розвиває концепцію, що примежовий шар води біля гідрофільної поверхні — EZ-вода — є четвертим станом (фазою) води (крім твердого, рідкого і газоподібного) за її особливими фізико-хімічними властивостями (Pollak, 2014). Більша частина води живого організму є приповерхневою й обумовлює його властивості.

Вода є джерелом і носієм не тільки життя, а й світла. Навіть у спокійних умовах вода випромінює фотони, які можна зафіксувати надчутливою апаратурою. Всі біохімічні процеси у живих клітинах (унаслідок участі води) супроводжуються випромінюванням біофотонів, які є універсальними носіями інформації і зі швидкістю світла інформують усі частини живого організму про зміни в його структурах (Воейков & Коротков, 2017; Воейков, 2009). Надслабке ультрафіолетове випромінювання живих тканин, яке стимулює ділення клітин, відкрив О. Г. Гурвіч ще в 1923 року. За температури тіла (близько 37°C) вода запасає найбільшу кількість коливальної енергії.

Важливим методом дослідження структурних властивостей води шляхом реєстрації свічення, стимульованого електричним полем, є метод газорозрядної візуалізації (ГРВ), який все ширше використовується для дослідження здоров'я і психологічного стану людини (Воейков & Коротков, 2017; Коротков, 2007). Це сучасна комп'ютерна версія добре відомого ефекту Кірліан.

Питна вода, вода у складі харчових продуктів і вода у складі водних процедур взаємодіють зі структурами організму та переводять воду в кожному типі клітин, тканин, органів в особливий, відмінний від інших структур стан, який характеризується своїм власним набором резонансних частот, рівнів коливальної енергії і функцією їх розподілу за ступенями вільності. Спожита вода взає-

модіє з наявною в організмі та із зовнішнім середовищем і переходить у новий сприятливий чи несприятливий для біосистеми енергетичний стан. Організм, як саморегулююча система, здатний перебудовувати частину своєї води у сприятливий стан, проте на цей процес витрачається значна частина енергії, що з часом приводить до виснаження й ослаблення організму.

Від якості води, стану її чистоти і квантово-динамічних характеристик безпосередньо залежить здорове функціонування організму людини. А якість води й екологічна ситуація у країні і на планеті безперервно погіршуються. Внаслідок розвитку електроенергетики, систем зв'язку, космонавтики, випробувань військової техніки, використання побутових електроприладів і комп'ютерів, різко порушується сприятливий для життя природний фон слабких випромінювань і зростає шкідливий техногенний електромагнітний фон, який нейтралізує захисні альфа-ритми організму (8 Гц). Техногенні електромагнітні поля мають низьку інтенсивність, але внаслідок високої чутливості до них і тривалого часу дії, суттєво послаблюють захист організму від негативних впливів, сприяють пошкодженню нервових клітин, підвищенню їх чутливості до хімічних речовин, збільшуючи їх токсичність.

Перестановка лише однієї молекули водню або зміна структурної орієнтації молекули активного центра ДНК приводить до зміни просторової структури всієї молекули білка і її біологічних функцій, впливає на патогенність бактерій і вірусів. На молекулярному рівні живого організму навіть зовсім мало відчутні імпульси на рівні кількох фотонів впливають на тонкі біологічні структури, зміни орієнтації яких можуть мати великі функціональні наслідки.

Вода першою сприймає як зовнішню інформацію, так і внутрішню інформацію про стан органів і систем та миттєво доводить цю інформацію до свідомості й підсвідомості. Будь-яка електромагнітна енергія і наявна в ній частотна інформація (світлова, звукова тощо) перекодовується в конкретні водні, нейронні і білкові структури, носії цієї інформації. Навіть окремі молекули води жадібно втягують зовнішню електромагнітну енергію (інформацію), якийсь час її зберігають і згодом випромінюють. Найбільш зрозумілими і сприйнятливими керуючими сигналами для води і клітин організму є надслабкі електромагнітні взаємодії, в той час, як поля високої інтенсивності сприймаються не як керуючі сигнали, а як сигнали можливої загрози існуванню.

Обмінюючись електромагнітною інформацією, вода впливає на організм не лише при внутрішньому вживанні, а й при зовнішньому контактуванні. Тому корисно частіше виконувати водні процедури, купатись у чистій проточній воді або хоча б приймати душ (бажано двічі на добу), що допомагає очиститись не лише від механічних, а й від психічних забруднень, нав'язаних несимпатичними особами.

Усе, що в процесі еволюції утворилось у природі, особливо вода, має прирідані властивості і реагує на їх зміну, намагаючись зберегти свою стабільність. Випромінювання живих організмів спрямоване на поширення інформації про їх існування і підтримання за рахунок цієї інформації життя аналогічних організмів на фоні змінних параметрів зовнішнього середовища. Тому

будь-яка техногенна діяльність повинна обов'язково враховувати збереження середовища існування, тобто збереження самої людини.

Велике занепокоєння викликає інтенсивне розширення в останні 10...20 років нанотехнологій в усіх галузях господарства: металургія, машинобудування, будівництво і архітектура, хімія, лакофарбове виробництво, транспорт, наука, системи зв'язку і інформації, комп'ютерні технології, вимірювальна техніка, біологія, медицина, харчова промисловість, засоби озброєння. Під нанотехнологіями розуміють (Фельдблум, 2013) сукупність методів виробництва продуктів із заданою атомарною структурою шляхом маніпулювання атомами і молекулами. Нанорозмірні об'єкти, до яких відносяться атоми, молекули і їх асоціати, наночастинки, наноматеріали, наноприлади і нанопристрої ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$) включають компоненти розміром менше 100 нм хоча б в одному вимірі. Вони якісно відрізняються від традиційних макроскопічних речовин, оскільки на таких масштабах стають визначальними нехтотно слабкі макроскопічні явища квантової взаємодії атомів і молекул, які не враховувались у макротілах.

Широке використання нанотехнологій невідворотно приводить до неконтрольованого потрапляння наночастинок у клітини живих організмів і людини з подальшими негативними наслідками. Наночастинки надмалі, надміцні і надактивні, внаслідок чого їхні властивості під дією квантових ефектів можуть різко змінюватись: малотоксичні речовини можуть ставати дуже токсичними, частинки не руйнуються, можуть легко проникати крізь клітинні мембрани і руйнувати майже будь-які молекули, з якими вони контактують, порушуючи роботу клітин. Через водне і повітряне середовище вони можуть легко проникати у тканини легень і кровоносну систему, розноситись по всіх внутрішніх органах і спотворювати генну інформацію.

За даними міжнародної екологічної організації «Друзі Землі», на 2008 р. виявлено 93 харчові продукти, у яких наявні наночастинки, проте всього таких продуктів у світі нараховувалось до 600 і до 500 різновидів продовольчих упаковок з нанодобавками. Тривожить те, що у світі не існує нормативних документів, які регламентують використання нанотехнологій у харчовій і косметичній галузях. Немає законів, які б встановлювали вимоги до спеціальних тестів для наночастинок і навіть не передбачене маркування нановиробів для продовольчих товарів.

Досліди на щурах, які вдихали повітря з наночастинками іридію, показали, що наночастинки надзвичайно легко переборюють захисні механізми і перепони організму, потрапляють з легенів у печінку, ембріони і навіть у головний мозок, надійно захищений прородою від проникнення сторонніх речовин і мікроорганізмів, куди на можуть проникати навіть медикаменти.

Продукти харчування в європейських країнах — кетчуп, майонез, приправи, овочеві супи в пакетиках, цукрова пудра, кухонна сіль містять наночастинки, що підвищують плинність і сипкість цих продуктів, у ковбасних, хлібобулочних виробках і прохолоджувальних напоях використовують нанокапсули, що містять консерванти, вітаміни, смакові і мінеральні речовини. Негативна ситуація ускладнюється тим, що виробники, посилаючись на технологічні секрети, не оприлюднюють вміст добавок, а надійні тести для визначення кожного типу

добавки не розроблені. Синтез і впровадження наночастинок вимагають завідомо менше часу, ніж їх перевірка на цитотоксичність.

Людина є вищою, але не останньою ланкою розвитку живого на Землі. З різким погіршенням екологічної ситуації людина, як біологічний вид, наближається до кризи існування, яка може завершитись виродженням, якщо природою не буде включено механізм адаптації до створеної ситуації (наприклад, прискорене самовідновлення води, надходження води з глибоких надр Землі, сприятлива зміна космічної ситуації). На швидке самовільне включення механізму адаптації розраховувати малоімовірно, тому першочерговим і невідкладним завданням людства є збереження від шкідливого техногенного впливу чистоти планети і, зокрема, водного й атмосферного середовища. Щоб продовжити існування, ми повинні духовно переродитись, змінити звички і пристрасті, оволодіти новими знаннями і способами їх використання.

Для підтримання нормальної життєдіяльності людина повинна вживати не менше 1,5...2 л на добу чистої природної води у рідкому вигляді і 1,5...2 л з їжею. Основне джерело здорового існування людини — це чиста вода і ніщо не може її замінити. Чиста питна вода, як розчинник, вивимає з організму забруднення і усуває зашлаковування кровоносних судин і суглобів. Питна вода з несприятливими властивостями поступово руйнує організм (Воейков, 2009).

Вживати неочищену поверхневу воду, особливо з прісних водоймищ, не можна, оскільки вони найбільше забруднюються людиною. Вода в більшості підземних джерел, особливо в приміських зонах, містить підвищену кількість хімічних сполук і металів.

Солодкі газовані напої, соки в пакетах і пляшках нічого корисного для здоров'я не дають: минули ті часи, коли їх робили з натуральних плодів і ягід без хімічних добавок. Кава і чай — це також не вода, а їжа, що містить кофеїн і зневоджує організм. Мінеральні води — це ліки, а не питна вода. Вони містять багато неорганічних речовин, які не засвоюються живими клітинами і засмічують організм, а також швидко втрачають структурні властивості з часом і при транспортуванні.

Бутильована вода у пластиковій тарі не вирішує проблеми «чистої» води. Навіть якщо така вода дійсно добре очищена від шкідливих домішок і має збалансований склад солей і мінералів, то під дією реагентів, якими вона очищувалась від шкідливих елементів, а також під тривалою дією сильних електромагнітних, променевих і акустичних полів, які постійно присутні в навколишньому середовищі, її характеристики не будуть відповідати спектральним характеристикам, закладеним у генетичному коді ДНК людини.

Дослідження якості питної води з урахуванням досягнень квантової фізики показують, що вода, очищена за вимогами держстандарту України на питну воду, не забезпечує життєво необхідних потреб організму людини. Стандарт не враховує квантово-динамічних характеристик води, які в наш час суттєво погіршилися і не відповідають характеристикам води в клітинах здорової людини.

Невідкладним завданням доведення води до категорії «питної» є впровадження в державний стандарт методики реєстрації квантово-динамічних характеристик води. Це складне завдання, тому спочатку його доцільно впроваджу-

вати на рівні індивідуальних і групових споживачів, а потім розширити на всю питну воду.

Для налаштування корисних для людини квантово-динамічних характеристик вода повинна бути повністю очищена від шкідливих домішок (Рассадкин, 2008), бути середньої жорсткості, нейтральною або слабо лужною, поверхневий натяг повинен наближатись до значень, характерних для зовнішньо-клітинної води (0,043 Н/м, замість 0,073 Н/м — для водопровідної води), окисно-відновний потенціал повинен бути 100...200 мВ. Вода повинна бути структурована (вода в непошкоджених фруктах і овочах також структурована) і мати якнайменше негативної інформації, а також бути слабо мінералізована відповідно до електrolітного складу рідин організму. Вода не повинна бути хлорованою і забрудненою відкладеннями в сталевих трубопроводах. Чим чистіша початкова вода, тим легше її довести до стану питної.

Сприятливі для людини спектральні характеристиками можна надавати воді за допомогою генераторів електромагнітного випромінювання, в які закладаються базові частоти чистої природної води (Рассадкин, 2008).

Приготування питної води в домашніх умовах базується на фільтрації. Спочатку використовують механічні фільтри, які очищують воду від крупних домішок та іржі, що потрапляють з водопровідних труб. Лише після цього використовують дво-, тристадійну очистку води абсорбуючими фільтрами від механічних забруднень, хлору і шкідливих домішок.

Складні імпорتنі очисні установки розраховані на доочищення води, яка вже відповідає стандарту ВОЗ. Наша вода за такою оцінкою підпадає лише під категорію «технічної» і повинна бути не доочищена, а очищена. Без попереднього очищення фільтри швидко забиваються і через певний час знижують ефективність очищення, а потім починають повертати у воду накопичену в них забруднення і розмножену мікрофлору. Точно встановити момент зворотного зараження води неможливо, тому для якісного очищення необхідна періодична заміна фільтруючих елементів.

Для попереднього очищення води іноді використовують відстоювання, кип'ятіння та дистиляцію (Воейков & Коротков, 2017). Відстоювання не менше трьох годин, а краще — добу, знижує вміст механічних домішок і канцерогенних хлорорганічних сполук, але не видаляє іонів заліза, солей важких металів і радіонуклідів. Надлишок заліза (більше 0,3 мг/л) збільшує ризик інфарктів, вражає кісткову систему, негативно впливає на репродуктивну функцію.

Кип'ятіння знищує бактерії, коагулює колоїдні частинки, пом'якшує воду, сприяє випаровуванню летких органічних речовин і частини вільного хлору, але перетворює хлорорганічні сполуки в страшну канцерогенну отруту — діоксин. Кип'ячена вода нас повільно вбиває. Використовувати хлорування для очищення питної і стічних вод абсолютно неприпустимо.

Дистиляція робить воду непридатною для постійного вживання, оскільки така вода не містить необхідних для людини мікроелементів і вимиває з організму солі. Постійне використання дистильованої води приводить до порушення імунної системи, серцевого ритму, процесу перетравлювання їжі.

Лікувальну воду можна готувати за допомогою електромагнітних генераторів заданого спектрального діапазону. Щоб вода сприяла оздоровленню і мала лікувальні властивості для конкретної, а не будь-якої людини, необхідно, щоб її квантово-динамічні характеристики відповідали стану повністю здорового організму саме цієї людини. Оскільки більшість осіб у зрілому віці вже мають певні захворювання, записати характеристики саме цієї здорової людини досить складно. Це краще зробити при гарному самопочутті в молодому віці 19—20 років, особливо в день народження, коли біоенергетичні характеристики набувають підвищеного позитивного значення, оскільки вони значною мірою залежить від часу і місця народження.

Якщо медичне обстеження людини показує, що вона здорова, спектрограму електромагнітних випромінювань знімають і записують на зручний носій. Хвору людину спочатку виліковують, а потім знімають її спектрограму. Отриманій спектрограмі повинна суворо відповідати спектрограма води, яку буде вживати ця людина.

Лікар-невропатолог В. М. Сарчук (Рассадкин, 2008; Андреев, 2006; Бурдыкин, 2007) записує на воду випромінювання від здорових тканин органів людини і заливає цю воду в термос, який приносить з собою пацієнт. У процесі лікування пацієнт цю воду п'є порціями по 50 г щодоби, поки вода не закінчиться. Вживана вода переводить воду в організмі в сприятливі характеристики. Металевий корпус і вакуумна оболонка термоса екранують воду від зовнішніх електромагнітних і акустичних впливів.

Питання очищення і використання питної й лікувальної води розглядаються у десятому розділі праці (Антонченко, Давыдов & Ильин, 1991).

Висновки

1. Вода — унікальна речовина, без якої не можливе існування живої природи.
2. Організм людини містить 99% молекул води, тому властивостями води зумовлюються фізико-хімічні й квантово-динамічні властивості організму, його взаємодія з навколишнім середовищем. Через водне середовище на організм людини впливають продукти харчування й технологічні процеси їх виготовлення.
3. Існуючий стандарт на питну і технологічну воду не враховує сприятливих для організму квантово-динамічних характеристик води і не гарантує її безпечної якості, а використання сталевих трубопроводів для постачання населенню води робить її здебільшого шкідливою для здоров'я.
4. Унаслідок прогресуючого погіршення екологічної ситуації слід невідкладно посилити увагу до вирішення питань поліпшення якості очищення питної і технологічної води, терміново розробити і впровадити нові стандарти на воду та розробити рекомендації щодо застосування нанопродуктів у харчових виробництвах.
5. Індивідуальним споживачам до впровадження удосконалених технологій водоочищення рекомендується самостійно доводити воду до якості питної.

Література

Андреев, Ю. (2006). *Вода — наместник Бога на Земле*. СПб.: Питер.

Антонченко, В. Я., Давыдов, А. С., Ильин, В. В. (1991). *Основы физики воды*. К.: Наукова думка.

Бурдыкин, Б. Е. (2007). *Космическая тайна воды*. СПб.: Питер.

Воейков, В. & Коротков, К. (2017). *Новая наука о воде*. СПб. Изд. ООО Торговый дом «Медный всадник».

Воейков, В. Л. (2009). Ключевая роль устойчиво неравновесного состояния водных систем в биоэнергетике. *Российский химический журнал*, ЛП (6), 41—49.

Дерпгольц, В. Ф. (1979). *Мир воды*. Л.: Недра.

Довгуша, В. В., Лехтлаан-Тыниссо, Н. П., Довгуша, Л. В. (2007). *Вода — привычная и парадоксальная*. Санкт-Петербург, Preprint.

Дубовкіна, І. О. (2016). *Наукове обґрунтування та апаратурне оформлення процесу змішування води та спирту в умовах знакозмінних імпульсів тиску* / Дис... докт. техн. наук, 05.18.12 — процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. К.: НУХТ.

Коновалов, А. И., Рыжжина, И. С., Муртазина, Л. И., Киселева, Ю. В. (2014). Образование наноразмерных молекулярных ансамблей (наноассоциатов) — ключ к пониманию свойств высокоразбавленных водных растворов. *Биофизика*, 59(3), 421—427.

Коновалов, А. И. (2013). Образование наноразмерных молекулярных ансамблей в высокоразбавленных водных растворах. *Вестник Российской академии наук*, 83(12) 1076—1082.

Коротков, К. Г. (2007). *Принципы анализа в ГРВ биоэлектрографии*. СПб. Изд-во «Реноме».

Рассадкин, Ю. П. (2008). *Вода обыкновенная и необыкновенная*. М.: «Галерея СТО».

Синицин, Н. И., Петросян, В. И., Елкин, В. А. и др. (1999). Особая роль системы «миллиметровые волны — водная среда в природе». *Биомедицинская радиоэлектроника*, 1, 3—21.

Фельдблюм, В. (2013). *«Нано» на стыке наук: нанобъекты, нанотехнологии, нанобудущее*. Ярославль.

Davenas, E., Beauvais, F., Amara, J., Oberbaum, M., Robinzon, B., Miadonna, A., Tedeschi, A., Pomeranz, B., Fortner, P., Belon, P., Sainte-Laudy, J., Poitevin, B., & Benveniste, J. (1988). Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserum against IgE. *Nature*, 333(6176), 816—818.

Del Giudice, E., Preparata, G. and Vitiello, G. (1988). Water as a free electric dipole laser *Physical Review Letters*, 61(9), 1085—1088.

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 SURFACTANTS, SYNTHESIZED IN THE PRESENCE OF BIOLOGICAL INDUCTORS

T. Pirog, M. Ivanov, H. Yarova

National University of Food Technologies

Key words:

Surfactants
Minimum inhibitory
concentrations
Competitive
microorganisms
Co-cultivation

Article history:

Received 23.07.2021
Received in revised form
06.08.2021
Accepted 19.08.2021

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The aim of this work was to study the antimicrobial activity of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants synthesized in the presence of biological inducers in medium with glycerol of various purification levels. Live *Bacillus subtilis* BT-2 cells and cells inactivated by autoclaving were used as inducers, as well as the supernatant after growing the BT-2 strain. Inductors were introduced in amount of 2.5—10% (v/v) into a medium with purified glycerol and waste of biodiesel production in the beginning of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 cultivation. The antimicrobial activity of surfactants against bacterial and yeast cultures was determined by the indicator of the minimum inhibitory concentration.

It was found that the most effective inducers were living cells of *B. subtilis* BT-2: their introduction into the medium with both substrates was accompanied by the synthesis of surfactants, the minimum inhibitory concentrations of which in relation to the studied bacterial test cultures (*Bacillus subtilis* BT-2, *Staphylococcus aureus* BMS-1, *Proteus vulgaris* PA-12, *Enterobacter cloacae* C-8) and yeast (*Candida albicans* D-6, *Candida tropicalis* PE-2) were 2.5—23 times lower than those established for surfactants formed in a medium without this inducer. The use of inactivated *B. subtilis* BT-2 cells as an inducer allowed to increase the antimicrobial activity of surfactants in relation to bacteria and yeast by 2—8 times, in the presence of *B. subtilis* BT-2 supernatant surfactants were synthesized, the antimicrobial activity of which in relation to bacteria was only twice high as surfactants obtained without an inducer.

This data may indicate that the inducing factor is associated with cells, and induction requires both chemical and biological interaction between the surfactant producer and a competitive microorganism.

So, as a result of the work, the possibility of regulating the antimicrobial activity of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants was established when the competitive bacteria *B. subtilis* BT-2 is added to the culture medium. It is important that under such cultivation conditions, the antimicrobial activity of surfactants synthesized on toxic industrial waste of biodiesel production were significantly increased.

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-4-6

АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241, СИНТЕЗОВАНИХ ЗА НАЯВНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ ІНДУКТОРІВ

Т. П. Пирог, М. С. Іванов, Г. А. Ярова

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено антимікробну активність ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241, синтезованих за наявності біологічних індукторів у середовищі з гліцерином різного ступеня очищення. Як індуктори використовували живі та інактивовані автоклавуванням клітини *Bacillus subtilis* БТ-2, а також супернатант після вирощування штаму БТ-2, які вносили у кількості 2,5—10% (об'ємна частка) у середовище з очищеним гліцерином і відходами виробництва біодизелю на початку процесу культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241. Антимікробну активність ПАР щодо бактеріальних і дріжджових культур визначали за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК).

Встановлено, що найефективнішими з використовуваних індукторів виявилися живі клітини *B. subtilis* БТ-2: внесення їх у середовище з обома субстратами супроводжувалося синтезом ПАР, мінімальні інгібуючі концентрації яких щодо досліджуваних бактеріальних тест-культур (*Bacillus subtilis* БТ-2, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Proteus vulgaris* ПА-12, *Enterobacter cloacae* С-8) і дріжджів (*Candida albicans* Д-6, *Candida tropicalis* РЕ-2) були в 2,5—23 рази нижчими, ніж встановлені для поверхнево-активних речовин, утворених на середовищі без цього індуктора. Використання як індуктора інактивованих клітин *B. subtilis* БТ-2 дало змогу підвищити антимікробну активність ПАР щодо бактерій і дріжджів у 2—8 разів, за наявності супернатанту *B. subtilis* БТ-2 синтезувалися ПАР, антимікробна активність яких щодо бактерій була всього вдвічі вищою, ніж поверхнево-активних речовин, одержаних без індуктора.

Ці дані можуть свідчити про те, що індукуючий фактор пов'язаний з клітинами, а індукція потребує як хімічної, так і біологічної взаємодії між продуцентом ПАР та конкурентним мікроорганізмом.

Отже, в результаті проведеного дослідження встановлено можливість регуляції антимікробної активності поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241 внесенням у середовище культивування продуцента клітин конкурентних бактерій *B. subtilis* БТ-2. Важливо, що за таких умов культивування суттєво підвищувалася антимікробна активність поверхнево-активних речовин, синтезованих на токсичних промислових відходах виробництва біодизелю.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, мінімальні інгібуючі концентрації, конкурентні мікроорганізми, спільнекультивування.

Постановка проблеми. Станом на початок серпня 2021 р. в інформаційній базі PubMed виявлено 1918 посилань з ключовим словом «co-cultivation» і

9258 — «co-culture antimicrobial» (pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/). Інтерес до такого спільного культивування продуцентів антимікробних сполук з конкурентними мікроорганізмами в останнє десятиліття зумовлений такими причинами:

- по-перше, надмірне та необґрунтоване використання антибіотиків стало однією з причин збільшення стійкості патогенних бактерій до цих лікарських засобів, а ВООЗ визначила проблему антибіотикорезистентності як найгострішу проблему людства (Ahmad & Khan, 2019; Merker та ін., 2020; Lin та ін., 2021);

- по-друге, підвищення антибіотикорезистентності патогенних мікроорганізмів стимулювало пошук альтернативних антибіотикам речовин природного походження, якими є нетоксичні біодеградабельні мікробні поверхнево-активні речовини (Ceresa, Fracchia, Fedeli, Porta & Banat, 2021);

- по-третє, в результаті спільного культивування продуцентів антимікробних сполук з конкурентними мікроорганізмами (біологічними індукторами) відбувається не тільки підвищення антимікробної активності та/або синтезу цільового продукту (Matevosyan, Bazukya & Trchounian, 2019; Abdel-Wahab та ін., 2019), а й навіть утворення нових метаболітів, нехарактерних для монокультури-продуцента (Stierle та ін., 2017; Hoshino, Wong, Ozeki & Zhang, 2018).

Раніше було встановлено, що *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 синтезує комплекс поверхнево-активних аміно- і гліколіпідів на широкому спектрі вуглецевих субстратів, у тому числі й на очищеному гліцерині та відходах виробництва біодизелю (Pirog, Lutsai & Muchnyk, 2021). Разом з тим дослідження біологічної активності ПАР, синтезованих на відходах виробництва біодизелю, показало, що такі поверхнево-активні речовини виявилися менш ефективними антимікробними агентами порівняно з утвореними на очищеному гліцерині та етанолі (Pirog, Lutsay, Kliuchka & Beregova, 2019).

Інтерес до відходів виробництва біодизелю зумовлений тим, що проблемою сьогодення є необхідність утилізації великої кількості токсичних промислових відходів. Одним з найефективніших способів знешкодження таких відходів є використання їх як субстратів для культивування мікроорганізмів з метою одержання практично цінних продуктів, зокрема поверхнево-активних речовин, що дасть змогу суттєво знизити собівартість цільового продукту і підвищити ефективність біотехнологічного виробництва (Crosse, Brady, Zhou & Rumbold, 2019).

На нашу думку, підвищити антимікробну активність ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241, синтезованих на відходах виробництва біодизелю, можна у разі спільного культивування продуцента з конкурентними бактеріями, хоча наявність у складі цього субстрату токсичних сполук може негативно впливати на такі мікроорганізми.

Мета статті: дослідити антимікробну активність ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241, синтезованих за наявності біологічних індукторів у середовищі з гліцерином різного ступеня очищення.

Матеріали і методи. Основним об'єктом досліджень був виділений із забрудненого нафтою зразка ґрунту штам нафтоокиснювальних бактерій, ідентифікований як *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 (Pirog, Shevchuk, Voloshina & Gregirchak, 2005). Штам *A. calcoaceticus* K-4 зареєстрований у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного Національної академії наук України за номером IMB B-7241.

Як тест-культури під час визначення антимікробної активності ПАР використовували штами бактерій (*Bacillus subtilis* БТ-2, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Proteus vulgaris* ПА-12, *Enterobacter cloacae* С-8) і дріжджів (*Candida albicans* Д-6, *Candida tropicalis* РЕ-2) з колекції живих культур кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій. Вирощування *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 здійснювали в рідкому середовищі такого складу (г/л): $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ — 0,35, NaCl — 1,0, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ — 0,6, KH_2PO_4 — 0,14, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1, вода дистильована — до 1 л, рН 6,8—7,0. У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5% (об'ємна частка) і розчин мікроелементів — 0,1% (об'ємна частка), що містив (г/100 мл): $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 1,1; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — 0,6; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — 0,004; $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,03; H_3BO_3 — 0,006; KI — 0,0001; ЕДТА (Трилон Б) — 0,5. Як джерела вуглецю використовували (% об'ємна частка): очищений гліцерин — 3, відходи виробництва біодизелю — 5, концентрації гліцерину різної якості еквімолярні за вуглем.

Як посівний матеріал використовували культуру в експоненційній фазі, вирощену в середовищі наведеного складу з 0,5% відповідного субстрату. Інокулянт, в якому чисельність бактерій становила 10^4 — 10^5 кл/мл, вносили у кількості 10% від об'єму середовища.

Як біологічний індуктор використовували бактеріальний штам *Bacillus subtilis* БТ-2 у вигляді суспензії живих та інактивованих клітин, а також у вигляді супернатанту. Внесення індуктора здійснювали на початку процесу культивування. *Bacillus subtilis* БТ-2, вирощений на МПА упродовж 24 год, суспендували в 100 мл стерильної водопровідної води і вносили 2,5 мл суспензії на 100 мл середовища культивування продуцента ПАР. Інактивовані клітини (стерилізацією в автоклаві при 131°C упродовж 1 год) вносили з розрахунку 10 мл суспензії на 100 мл поживного середовища. Супернатант вносили з розрахунку 2,5 мл на 100 мл середовища культивування продуцента поверхнево-активних речовин.

Культивування *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 за наявності супернатанту, живих і інактивованих клітин *B. subtilis* БТ-2 і без індукторів здійснювали у 750 мл колбах з 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) при 30°C упродовж 7 діб.

Кількість позаклітинних ПАР визначали, використовуючи модифікований метод Блая і Даєра (Bligh & Dyer, 1959) після екстракції їх сумішню хлороформу і метанолу (2:1) з супернатанту культуральної рідини. Для отримання супернатанту культуральну рідину центрифугували при 5000 г упродовж 20 хв.

Оскільки *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 синтезує комплекс полярних і неполярних ліпідів, а відомий метод Блая і Даєра, використовуваний для виділення ПАР, дає змогу виділяти в основному неполярні ліпіди, ми модифікували класичну систему розчинників (суміш Фолча) додаванням до неї 1 М HCl (хлороформ–метанол–вода = 4:3:2). Така система дає змогу максимально повно виділяти як полярні, так і неполярні ліпіди.

У циліндричну ділильну лійку об'ємом 100 мл поміщали 25 мл супернатанту, додавали 1 н розчин HCl для досягнення рН 4,0—4,5 (близько 5 мл), воронку закривали шліфованою пробкою і струшували 3 хв, потім додавали 15 мл суміші хлороформу і метанолу (2:1) і струшували (екстрагування ліпідів) протягом 5 хв. Отриману після екстракції суміш залишали в ділильній воронці для

поділу фаз, після чого нижню фракцію зливали (органічний екстракт 1), а водну фазу піддавали повторній екстракції. При повторній екстракції до водної фази додавали 1 н розчин HCl для досягнення рН 4,0—4,5 (близько 5 мл), 15 мл суміші хлороформу і метанолу (2:1) й екстрагували ліпіди протягом 5 хв. Після поділу фаз зливали нижню фракцію, отримуючи органічний екстракт 2. На третьому етапі до водної фази додавали 25 мл суміші хлороформу і метанолу (2:1) і здійснювали екстракцію, як описано вище, отримуючи органічний екстракт 3. Екстракти 1—3 об'єднували й упарювали на роторному випарнику IP-1M2 при 50°C і абсолютному тиску 0,4 атм до постійної маси.

У дослідженнях як препарати використовували розчини поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241 різної концентрації. Для цього сухий залишок ПАР розчиняли в стерильному фосфатному буфері (0,1 М, рН 7,0) до вихідного об'єму (25 мл) і далі розводили цим буфером до необхідної концентрації. Розчини ПАР стерилізували в автоклаві при 112°C впродовж 30 хв.

Антимікробну активність поверхнево-активних речовин аналізували за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК) (Chebbi та ін., 2017). Визначення МІК здійснювали методом двократних серійних розведень у м'ясо-пептонному бульйоні (МПБ) для бактерій і рідкому суслі для дріжджів. У стерильних умовах у 10 пробірок вносили по 1 мл середовища, у першу додавали 1 мл розчину ПАР певної концентрації, після чого перемішували, відбирали 1 мл і переносили в наступну пробірку. Аналогічно проводили розведення для наступних дев'яти пробірок. З останньої пробірки відбирали 1 мл. Таким чином, кінцевий об'єм у кожній пробірці становив 1 мл (МПБ чи сусло і розчин поверхнево-активних речовин), а концентрація ПАР у кожній наступній пробірці знижувалася вдвічі. Як контроль використовували 1 мл МПБ (для бактерій) або сусла (для дріжджів) без додавання розчину ПАР. Далі у кожну з пробірок вносили по 0,1 мл суспензії тест-культур (10^5 — 10^6 КУО/мл) та перемішували. Пробірки інкубували впродовж 24 год при 28—30°C для бактерій та 24—26°C для дріжджів. Результати оцінювали візуально за помутнінням середовища: (+) — пробірки, в яких спостерігали помутніння середовища (ріст тест-культури), (–) — помутніння не було (ріст відсутній). Мінімальну інгібуючу концентрацію розчину ПАР визначали як концентрацію ПАР в останній пробірці, де ріст був відсутній.

Усі досліди проводили в 3 повторях, кількість паралельних визначень в експериментах становила 3—5. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали, як описано раніше (Pirog, Shevchuk, Voloshina & Gregirchak, 2005). Відмінності середніх показників вважали достовірними на рівні значимості $p < 0,05$.

Результати і обговорення. Дослідження щодо впливу конкурентних мікроорганізмів на синтез антимікробних сполук можна умовно поділити на три групи:

1) обидва штами (і продуцент, і конкурентний мікроорганізм) вносять у середовище культивування антимікробних метаболітів у співвідношенні 1:1, тобто у практично однаковій концентрації (Stierle та ін., 2017; Matevosyan, Bazukya & Trchounian, 2019);

2) живі або інактивовані клітини індуктора вносять у середовище у значно нижчій концентрації порівняно з клітинами продуцента цільових метаболітів Luti & Yonis, 2013; Rateb та ін., 2013);

3) як індуктор використовують супернатант (фільтрат) після вирощування конкурентного мікроорганізму (Rateb та ін., 2013; Wang, Yuan, Gu & Shi, 2013).

Для кожної з цих трьох груп досліджень використовується і відповідна термінологія. Перша група — це так зване класичне спільне культивування двох мікроорганізмів, культивування штучних мікробних асоціацій (консорціумів). Використовувані у дослідженнях другої і третьої групи конкурентні мікроорганізми (або їх супернатанти) називаються індукторами, або еліситорами.

У своїх дослідженнях ми використовували як індуктор клітини *B. subtilis* БТ-2. Вибір був зумовлений тим, що в (Abdel-Wahab та ін., 2019; Buijs та ін., 2021) зазначається, що під час спільного культивування відбувається імітація природних умов, і в боротьбі за субстрат активуються «мовчазні» гени, відповідальні за синтез сполук з антимікробною щодо конкурентного мікроорганізму активністю. Це справедливо насамперед для мікроорганізмів, виділених зі спільних місць існування. Тому як конкурентні мікроорганізми або індуктори для підвищення антимікробної активності антибіотиків, синтезованих ґрунтовими стрептоміцетами, дослідники обирали штами *B. subtilis*, які є типовими мешканцями таких місць існування (Luti & Mavituna, 2011; Liang та ін., 2019). Зазначимо, що продуцент ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 також ізольований нами з ґрунту (Pirog, Shevchuk, Voloshina & Gregirchak, 2005), як і представники роду *Bacillus*.

У табл. 1 наведено показники синтезу поверхнево-активних речовин за умов росту *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на гліцерині різного ступеня очищення за наявності біологічних індукторів.

Таблиця 1. Вплив біологічних індукторів на утворення поверхнево-активних речовин під час вирощування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на очищеному гліцерині і відходах виробництва біодизелю

Субстрат для синтезу ПАР	Біологічний індуктор	ПАР, г/л
Очищений гліцерин (3%, об'ємна частка)	Контроль (без індуктора)	1,42±0,07
	Живі клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	0,96±0,04
	Інактивовані клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	1,54±0,07
	Супернатант	1,44±0,07
Відходи виробництва біодизелю (5%, об'ємна частка)	Контроль (без індуктора)	2,52±0,12
	Живі клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	3,56±0,17
	Інактивовані клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	2,32±0,11
	Супернатант	2,36±0,11

Наведені у табл. 1 дані свідчать про те, що за умов росту продуцента ПАР на обох субстратах наявність у середовищі індукторів у вигляді інактивованих клітин *B. subtilis* БТ-2 і супернатанту не впливала на концентрацію синтезованого цільового продукту, яка становила 1,41—1,54 і 2,32—2,52 г/л на очищеному гліцерині і відходах виробництва біодизелю відповідно. Внесення живих

клітин *B. subtilis* БТ-2 у середовище з очищеним гліцерином супроводжувалося зниженням кількості ПАР в 1,5 раза (до 0,96 г/л) порівняно з показниками без індуктора, що може бути зумовлене конкуренцією індуктора і продуцента ПАР за субстрат і вищою швидкістю росту *B. subtilis* БТ-2 у таких умовах культивування. У той же час за наявності живих клітин *B. subtilis* БТ-2 у середовищі з відходами виробництва біодизелю спостерігали підвищення синтезу ПАР в 1,4 раза (до 3,56 г/л) порівняно з культивуванням *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на цьому субстраті без індуктора. На нашу думку, токсичні домішки у складі промислового відходу інгібували ріст індуктора, тоді як метанол, етанол, тригліцериди та жирні кислоти слугували додатковими джерелами вуглецю для продуцента ПАР.

На наступному етапі досліджували дію на бактерії поверхнево-активних речовин, синтезованих *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 за наявності біологічних індукторів (табл. 2). Наведені у табл. 2 дані свідчать про те, що найефективнішими з використовуваних індукторів (живі, інактивовані клітини, супернатант) виявилися живі клітини *B. subtilis* БТ-2: внесення їх у середовище з обома субстратами супроводжувалося синтезом ПАР, мінімальні інгібуючі концентрації яких щодо досліджуваних бактеріальних тест-культур були в 3—23 рази нижчими, ніж встановлені для поверхнево-активних речовин, утворених на середовищі без цього індуктора. За наявності інактивованих клітин *B. subtilis* БТ-2 у середовищі культивування *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 з очищеним гліцерином і відходами виробництва біодизелю синтезувалися ПАР, показники МІК яких щодо бактерій становили 0,7—4,4 мкг/мл, що у 2—8 разів нижче порівняно зі значеннями, встановленими для поверхнево-активних речовин, одержаних на середовищі без індуктора. Зазначимо, що ПАР, синтезовані за наявності індукторів, проявляли високу антимікробну дію не тільки щодо *B. subtilis* БТ-2, а й інших грампозитивних (*S. aureus* БМС-1) та грамнегативних (*P. vulgaris* ПА-12, *E. cloacae* С-8) бактерій (табл. 2).

Найменш ефективним з досліджуваних індукторів виявився супернатант: антимікробна щодо більшості бактеріальних тест-культур активність ПАР, синтезованих за його наявності, була всього вдвічі нижчою, ніж поверхнево-активних речовин, утворених без індуктора (табл. 2).

Таблиця 2. Антибактеріальна активність поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241, синтезованих за дії біологічних індукторів

Субстрат для синтезу ПАР	Біологічний індуктор	Мінімальні інгібуючі концентрації (мкг/мл) щодо			
		<i>Bacillus subtilis</i> БТ-2 (спори)	<i>Staphylococcus aureus</i> БМС-1	<i>Proteus vulgaris</i> ПА-12	<i>Enterobacter cloacae</i> С-8
1	2	3	4	5	6
Очищений гліцерин	Контроль (без індуктора)	2,8	2,8	5,6	5,6
	Живі клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	0,23	0,23	1,84	0,46
	Інактивовані клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	1,4	1,4	1,4	0,7
	Супернатант	1,4	2,8	2,8	1,4

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6
Відходи виробництва біодизелю	Контроль (без індуктора)	9,8	4,9	9,8	19,6
	Живі клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	0,85	0,85	1,7	0,85
	Інактивовані клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	2,2	2,2	2,2	4,4
	Супернатант	4,6	2,3	4,6	18,4

Примітка: під час визначення мінімальних інгібуючих концентрації похибка не перевищувала 5%.

Таблиця 3. Вплив біологічних індукторів на антифунгальну активність поверхнево-активних речовин, синтезованих *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на гліцерині різного ступеня очищення

Субстрат для синтезу ПАР	Біологічний індуктор	Мінімальні інгібуючі концентрації (мкг/мл) щодо	
		<i>Candida tropicalis</i> PE-2	<i>Candida albicans</i> Д-6
Очищений гліцерин	Контроль (без індуктора)	11,2	11,2
	Живі клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	1,87	3,75
	Інактивовані клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	2,8	5,6
	Супернатант	11,2	11,2
Відходи виробництва біодизелю	Контроль (без індуктора)	19,7	19,7
	Живі клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	3,5	7,0
	Інактивовані клітини <i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	4,5	9,0
	Супернатант	9,2	18,4

Примітка: Під час визначення мінімальних інгібуючих концентрації похибка не перевищувала 5%.

Дані щодо дослідження дії ПАР, синтезованих за наявності індукторів, на дріжджі роду *Candida* наведено у табл. 3. Ці дані свідчать про те, що використання як індукторів живих клітин *B. subtilis* БТ-2 супроводжувалося синтезом ПАР з найвищою антифунгальною активністю (МІК 1,87—7,0 мкг/мл), менш ефективними індукторами виявилися інактивовані клітини цих бактерій (МІК 2,8—9,0 мкг/мл), а супернатант у більшості випадків не спричиняв позитивної дії (МІК 11,2—18,4 мкг/мл). Лише внесення супернатанту в середовище з відходами виробництва біодизелю дало змогу підвищити вдвічі антимікробну щодо *C. Tropicalis* PE-2 активність синтезованих поверхнево-активних речовин.

Зазначимо, що й літературні дані щодо ефективності використання як індукторів живих, інактивованих клітин чи відповідного супернатанту дуже різняться. Так, у праці (Liang L. та ін., 2020) зазначається, що спектр метаболітів, синтезованих актинобактеріями за наявності живих клітин індукторів, був ширшим, ніж у разі використання інактивованих тепловою обробкою клітин. У той же час синтез феназину *Pseudomonas aeruginosa* підвищувався практично

однаково незалежно від фізіологічного стану (живі чи інактивовані клітини) індукторів *Escherichia coli*, *B. subtilis* і *Saccharomyces cerevisiae* (Luti & Yonis, 2013). Використання як індуктора супернатанту *Streptomyces bullii* C2 не спричиняло позитивного впливу на синтез антимікробних сполук грибом *Aspergillus fumigatus* MBC-F1-10, у той час як за наявності живих клітин індуктора спостерігали синтез нових дев'яти антимікробних метаболітів, не утворюваних монокультурою продуцента (Rateb та ін., 2013). Wang із співавт. (Wang, Yuan, Gu & Shi, 2013) встановили, що супернатант *Penicillium chrysogenum* AS 3.5163 виявився ефективнішим індуктором синтезу антибіотика натаміцину штамом *Streptomyces natalensis* HW-2, ніж інактивовані автоклавуванням клітини гриба (підвищення концентрації антибіотика в 3,4 і 1,4 раза відповідно). Такі дані свідчать про різні механізми, що лежать в основі підвищення синтезу чи активності антимікробних сполук, синтезованих за дії індукторів.

Зазначимо, що праці, в яких досліджується вплив на активність антимікробних метаболітів індукторів різного фізіологічного стану (живі та інактивовані клітини) є нечисленними. Дослідники переважно використовують як індуктори живі клітини мікроорганізмів, рідше — тільки термічно інактивовані або автоклавовані і дуже рідко — супернатант після вирощування мікроорганізмів-індукторів.

Одержані дані щодо вищої ефективності живих клітин індуктора порівняно з інактивованими чи супернатантом можуть свідчити про те, що індукуючий фактор пов'язаний з клітинами, причому індукція потребує як хімічної, так і біологічної взаємодії між продуцентом ПАР та індуктором. Процес автоклавування клітин індуктора призводить до денатурації білків та інших макромолекул, частково пригнічуючи потенційні біохімічні взаємодії. Водночас використання інактивованих клітин індуктора є доцільнішим з технологічної точки зору.

Висновок

Отже, в результаті проведеного дослідження встановлено можливість регуляції антимікробної активності поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241 внесенням у середовище культивування продуцента клітин конкурентних бактерій *B. subtilis* БТ-2. Важливо, що за таких умов культивування суттєво підвищується антимікробна активність поверхнево-активних речовин, синтезованих на токсичних промислових відходах виробництва біодизелю.

Література

- Abdel-Wahab, N. M., Scharf, S., Ozkaya, F. C., Kurtan, T., Mandi, A., Fouad, M. A., Kamel, M. S. (2019). Induction of secondary metabolites from the marine-derived fungus *Aspergillus versicolor* through co-cultivation with *Bacillus subtilis*. *Planta Medica*, 85(6), 503—512. doi: 10.1055/a-0835-2332.
- Ahmad, M., Khan, A. U. (2019). Global economic impact of antibiotic resistance: a review. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 19, 313—316. doi:10.1016/j.jgar.2019.05.024.
- Bligh, E. G., Dyer, W. J. (1959). A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911—917.
- Buijs, Y., Zhang, S. D., Jørgensen, K. M., Isbrandt, T., Larsen, T. O., Gram, L. (2021). Enhancement of antibiotic production by co-cultivation of two antibiotic producing marine *Vibrionaceae* strains. *FEMS Microbiology Ecology*, 97(4), fiab041. doi: 10.1093/femsec/fiab041.

- Ceresa, C., Fracchia, L., Fedeli, E., Porta, C., Banat, I. M. (2021). Recent advances in biomedical, therapeutic and pharmaceutical applications of microbial surfactants. *Pharmaceutics*, 13(4), 466. doi: 10.3390/pharmaceutics13040466.
- Chebbi, A., Elshikh, M., Haque, F., Ahmed, S., Dobbin, S., Marchant, R., Sayadi, S., Chamkha, M., Banat, I. M. (2017). Rhamnolipids from *Pseudomonas aeruginosa* strain W10; as antibiofilm/antibiofouling products for metal protection. *Journal of Basic Microbiology*, 57(5), 364—375. doi: 10.1002/jobm.201600658.
- Crosse, A. J., Brady, D., Zhou, N., Rumbold, K. (2019). Biodiesel's trash is a biorefineries' treasure: the use of “dirty” glycerol as an industrial fermentation substrate. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 36(1), 2. doi: 10.1007/s11274-019-2776-9.
- Hoshino, S., Wong, C. P., Ozeki, M., Zhang, H. (2018). Umezawamides, new bioactive polycyclic tetramate macrolactams isolated from a combined-culture of *Umezawaea* sp. and mycolic acid-containing bacterium. *The Journal of Antibiotics*, 71(7), 653—657. doi:10.1038/s41429-018-0040-4.
- Liang, L., Sproule, A., Haltli, B., Marchbank, D. H., Berru  , F., Overy, D. P., McQuillan, K., Lanteigne, M., Duncan, N., Correa, H., Kerr, R. G. (2019). Discovery of a new natural product and a deactivation of a quorum sensing system by culturing a “producer” bacterium with a heat-killed “inducer” culture. *Frontiers in Microbiology*, 9, 3351. doi: 10.3389/fmicb.2018.03351.
- Liang, L., Wang, G., Haltli, B., Marchbank, D. H., Stryhn, H., Correa, H., Kerr, R. G. (2020). Metabolomic comparison and assessment of co-cultivation and a heat-killed inducer strategy in activation of cryptic biosynthetic pathways. *Journal of Natural Products*, 83(9), 2696—2705. doi: 10.1021/acs.jnatprod.0c00621.
- Lin, Z., Yuan, T., Zhou, L., Cheng, S., Qu, X., Lu, P., Feng, Q. (2021). Impact factors of the accumulation, migration and spread of antibiotic resistance in the environment. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(5), 1741—1758. doi: 10.1007/s10653-020-00759-0.
- Luti, K. J. K., Yonis, R. W. (2013). Elicitation of *Pseudomonas aeruginosa* with live and dead microbial cells enhances phenazine production. *Romanian Biotechnological Letters*, 18(6), 8769—8778.
- Matevosyan, L., Bazukya, I., Trchounian, A. (2019). Antifungal and antibacterial effects of newly created lactic acid bacteria associations depending on cultivation media and duration of cultivation. *BMC Microbiology*, 19(1), 46—63. doi: 10.1186/s12866-019-1475-x.
- Merker, M., Tueffers, L., Vallier, M., Groth, E. E., Sonnenkalb, L., Unterweger, D., Baines, J. F., Niemann, S., Schulenburg, H. (2020). Evolutionary approaches to combat antibiotic resistance: opportunities and challenges for precision medicine. *Frontiers in Immunology*, 11, 1938. doi: 10.3389/fimmu.2020.01938.
- Pirog, T. P., Lutsay, D. A., Kliuchka, L. V., Beregova, K. A. (2019). Antimicrobial activity of surfactants of microbial origin. *Biotechnologia Acta*, 12(1), 39—57. <https://doi.org/10.15407/biotech12.01.039>.
- Pirog, T. P., Lutsai, D. A., Muchnyk, F. V. (2021). Biotechnological potential of the *Acinetobacter* genus bacteria. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 83(3), 65—82. <https://doi.org/10.15407/microbiolj83.03.092>.
- Pirog, T. P., Shevchuk, T. A., Voloshina, I. N., Gregirchak, N. N. (2005). Use of claydite-immobilized oil-oxidizing microbial cells for purification of water from oil. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 41(1), 51—55. <https://doi.org/10.1007/s10438-005-0010-z>.
- Rateb, M. E., Hallyburton, I., Houssen, W. E., Bull, A. T., Goodfellow, M., Santhanam, R., Jaspars M., Ebel, R. (2013). Induction of diverse secondary metabolites in *Aspergillus fumigatus* by microbial co-culture. *RSC Advances*, 3(34), 14444. doi:10.1039/c3ra42378f.
- Stierle, A. A., Stierle, D. B., Decato, D., Priestley, N. D., Alverson, J. B., Hoody, J. (2017). The berkeleylactones, antibiotic macrolides from fungal coculture. *Journal of Natural Products*, 80(4), 1150—1160. doi: 10.1021/acs.jnatprod.7b00133.
- Wang, D., Yuan, J., Gu, S., Shi, Q. (2013). Influence of fungal elicitors on biosynthesis of natamycin by *Streptomyces natalensis* HW-2. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(12), 5527—5534. doi: 10.1007/s00253-013-4786-0.

**RELATIONSHIP BETWEEN PROBIOTICS
AND SARS-COV-2 (COVID-19) *IN VIVO*****S. Starovoitova***National University of Food Technologies*

Key words:

Probiotics
Microbiota
COVID-19
Normobiota
Probiotic microorganisms

Article history:

Received 09.07.2021
Received in revised form
23.07.2021
Accepted 11.08.2021

Corresponding author:

S. Starovoitova

E-mail:

svetik_2014@ukr.net

ABSTRACT

Today, during the COVID-19 pandemic, when there are no clear therapeutic strategies for prevention and treatment, attention should be paid to alternative treatments, which may include the use of bacteriotherapeutic drugs based on probiotic microorganisms — representatives of the host normobiota. Experimental data show that changes in immune balance in patients with COVID-19 may be mediated by corresponding changes in the host intestinal microflora. This statement is especially significant for the elderly, in the case when the intestinal flora is less diverse, especially the number of its useful representative's decreases, which leads to greater sensitivity of the older generation to COVID-19. The composition and function of the intestinal microbiota may be a potential biological mechanism responsible for the diversity of susceptibility of different groups of people to COVID-19.

A bidirectional connection between the intestine-lung axis due to soluble microbial metabolites transported by the bloodstream is shown. The intestinal microbiota produces many diffusing metabolites with immunomodulatory properties. Given the potential beneficial effects of bacteriotherapeutic drugs and functional foods enriched with probiotic microflora during respiratory viral infection, their use as therapeutic agents during COVID-19 infection can be considered.

Because the microbiota can be maintained using adequate, safe, and relatively inexpensive bacteriotherapeutic drugs (pro-, pre-, para-, post-, synbiotics, immunobiotics, functional foods enriched with probiotic microorganisms, etc.), their use should be considered as adjunctive therapy to limit COVID-19 progression or as a prophylactic strategy for uninfected people at risk during the expansion of COVID-19 or secondary-tertiary waves.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПРОБІОТИКІВ ТА SARS-COV-2 (COVID-19) *IN VIVO*

С. О. Старовойтова

Національний університет харчових технологій

Сьогодні під час пандемії COVID-19, коли немає чітких терапевтичних стратегій для профілактики та лікування, слід звернути увагу на альтернативні методи лікування, якими можуть стати застосування бактеріотерапевтичних препаратів на основі пробіотичних мікроорганізмів — представників нормобіоти хазяїна. Експериментальні дані доводять, що зміни імунної рівноваги у пацієнтів, хворих на COVID-19, можуть бути опосередковані відповідними змінами кишкової мікрофлори хазяїна. Це твердження є особливо показовим для людей похилого віку, у яких кишкова флора менш різноманітна, особливо зменшується кількість саме корисних її представників, що призводить до більшої чутливості людей старшого покоління до COVID-19. Склад і функції кишкової мікробіоти можуть бути потенційним біологічним механізмом, відповідальним за різноманітність чутливості різних груп людей до COVID-19.

У статті показаний двонаправлений зв'язок між вісцю кишечник-легені, що обумовлюється розчинними мікробними метаболітами, які транспортуються кровотоком. Кишкова мікробіота продукує багато дифундуючих метаболітів з імуномодуючими властивостями. Потенційний благотворний вплив бактеріотерапевтичних препаратів і продуктів функціонального харчування, збагачених пробіотичною мікрофлорою, під час респіраторно-вірусної інфекції підтверджує можливість їх використання як терапевтичних засобів під час інфекції COVID-19.

Оскільки мікробіоту можна підтримувати, застосовуючи адекватні, безпечні та порівняно недорогі бактеріотерапевтичні препарати (про-, пре-, синбіотики, імунобіотики, функціональні продукти харчування, збагачені пробіотичними мікроорганізмами тощо), їх призначення слід розглядати як додаткове лікування для обмеження прогресування COVID-19 в інфікованих пацієнтів або як профілактичну стратегію для неінфікованих людей, що перебувають у групі ризику під час розширення локалізації COVID-19 або повторних хвиль захворювання.

Ключові слова: пробіотики, мікробіота, COVID-19, нормобіота, пробіотичні мікроорганізми.

Постановка проблеми. В сучасних світових реаліях пошук і розробка різноманітних підходів до профілактики, лікування та полегшення перебігу хвороби, що виклала світову пандемію — COVID-19, є найактуальнішим, найважливішим, першочерговим питанням для вирішення.

Сучасні дослідження складу і функцій мікробіома людини викликають великий інтерес до застосування і розробки препаратів на основі пробіотичних мікроорганізмів для запобігання коронавірусній інфекції. Однак питання про

дослідження властивостей пробіотичних мікроорганізмів, які необхідні для профілактики або лікування цієї конкретної патології, залишається відкритим. Застосування пробіотиків для профілактики і лікування коронавірусної інфекції може бути ефективним, що було продемонстровано у наукових дослідженнях (Ceccarelli, 2021; Conte, 2020; d'Ettorre, 2020; Gautier, 2021).

Ключовими точками впровадження SARS-COV-2 в організм людини є рецептори, які експресуються на мембранах клітин легенів і тонкого кишечника. Передбачається, що коронавірус постійно змінює свої патерни для зв'язування з рецепторами клітин у легенях, проте рецептори для зв'язування вірусу з клітинами в тонкому кишечнику залишаються незмінними. Експериментально доведено, що в гострій фазі COVID-19 тільки у 10% пацієнтів у крові наявна ДНК, комплементарна ДНК вірусу, але майже у 50% хворих ДНК виявляється в зразках калу. Таким чином, кишечник може бути своєрідним резервуаром для реплікації вірусу, що обумовлено не тільки фекально-оральним шляхом, але й широким розкидом вірусного навантаження і вираження імунної відповіді в однокільового й того ж пацієнта в період хвороби (Gautier, 2021; Gohil, 2021).

Відомо, що мікробіота кишечника здійснює імунорегулюючу функцію, ефекти якої виходять за межі шлунково-кишкового тракту, впливаючи, в тому числі, і на легеневу імунну систему (формує вісь «мікробіота-кишечник-легені»). Саме тому якісна та кількісна зміна складу кишкової мікробіоти тісно пов'язана зі зміною регуляції імунної відповіді в легенях (Gohil, Samson, Dastager & Dharne, 2021). Дослідники з Китаю за допомогою секвенування калу вивчили склад мікробіоти у пацієнтів, які померли від інфекції COVID-19, і виявили значне зниження рівнів основних родин бактерій-симбіонтів — *Bifidobacterium* і *Lactobacillus*, а також збільшення числа умовно-патогенних бактерій, таких як *Corynebacterium* і *Ruthenibacterium*. Було зроблено припущення, що зміна складу кишкової мікробіоти послужила додатковим ризиком імунних і респіраторних розладів, викликаних COVID-19 у цих хворих (Huang, 2020; Xu, 2020).

Імунорегулюючі властивості характерні для багатьох пробіотичних штамів, особливо представників родів *Bifidobacterium* і *Lactobacillus*. Відомо, що імунотропні (різновид пробіотиків, основний механізм дії яких пов'язаний з імунотропними властивостями) впливають як на вроджений, так і на адаптивний імунітет, тому вони можуть бути застосовані для профілактики ряду інфекційних (наприклад, клостридіальної інфекції) і алергічних (наприклад, алергічної форми бронхіальної астми або атопічного дерматиту) захворювань. Італійськими вченими було доведено, що пробіотики можуть бути корисними в терапії COVID-19 за рахунок імунорегулюючих властивостей (Ceccarelli, 2021; d'Ettorre, 2020).

Пробіотичні препарати здатні блокувати прикріплення вірусу також за допомогою процесу конкуренції за певні точки адгезії.

Мета дослідження: встановити та проаналізувати взаємозв'язок мікробіоти в нормі та при патології й перебігу COVID-19; проаналізувати та довести можливість застосування різних видів і поколінь пробіотичних препаратів для

профілактики та відновлення нормобіоти у пацієнтів, хворих на COVID-19, а також для полегшення перебігу хвороби.

Матеріали і методи. В ході дослідження проведено аналіз найсучаснішої наукової літератури, у якій описується взаємозв'язок мікробіоти в нормі та при патології й перебігу COVID-19, а також проблематика профілактики та відновлення нормобіоти у пацієнтів, хворих на COVID-19, та полегшення перебігу хвороби за допомогою бактеріотерапевтичних препаратів, збагачених пробіотичними мікроорганізмами. Використано бази даних: PubMed, Elsevir, EBSCO.

Викладення основних результатів дослідження. У кожної людини в кишечнику є унікальний якісний і кількісний склад бактерій — нормальна мікрофлора (нормобіота, мікробіота), що відіграють різноманітну фізіологічну роль, зокрема в модуляції імунної відповіді (Старовойтова, 2021; Старовойтова, 2015).

Експериментально показано, що мікробіом кишечника може відігравати важливу роль у боротьбі організму з коронавірусною інфекцією та запобігати важкому перебігу COVID-19 (Conte, 2020; Dhar, 2020; Dumas, 2018; Yeoh, 2021).

Склад мікробіоти кишечника хворих на COVID-19 корелює з концентрацією деяких цитокінів, хемокінів і маркерів запалення в плазмі. Це свідчить, що мікробіота кишечника відіграє одну з провідних ролей у модуляції імунної відповіді хазяїна і потенційно впливає на тяжкість захворювання та процес одужання. Зразки крові виявили, що мікробний дисбаланс також пов'язаний з більш високим рівнем цитокінів, малих молекул, що є природною частиною імунної відповіді, але можуть спричинити пошкодження, якщо їх не регулювати належним чином (Старовойтова, 2021; Старовойтова, 2015; Kurian, 2021).

Зокрема, критичне зниження кількісного складу кількох видів бактерій у хворих на COVID-19 пов'язано зі збільшенням концентрації низки цитокінів (фактора некрозу пухлин- α (TNF- α), CXCL10, CCL2 та інтерлейкін-10 (IL-10)), що вказує на те, що ці таксони можуть відігравати роль при надагресивному запаленні. До таких таксонів кишкових коменсалів, кількість яких значно знижується у пацієнтів з COVID-19, належать: *Bifidobacterium adolescentis*, *Faecalibacterium prausnitzii*, *Eubacterium rectale*, *Ruminococcus obeum* та *Dorea formicigenerans*. Наприклад, *F. prausnitzii* стимулює продукування регуляторних Т-клітин товстої кишки у людини, які секретують протизапальний цитокін IL-10. Висока відносна кількість *Eubacterium rectale* в кишечнику пов'язана із зменшенням запального процесу при хворобі Альцгеймера, а *B. adolescentis* здатні пригнічувати активацію ядерного фактора κ B, який сприяє експресії прозапальних цитокінів (Kurian та ін., 2021).

Лабораторні дослідження показали, що люди, які перехворіли на COVID-19, мали «значно змінений» склад мікробіому. У людей з погано функціонуючим кишечником частіше розвивається важкий перебіг COVID-19, оскільки порушення якісного та кількісного складу мікробіоти полегшує зараження клітин шлунково-кишкового тракту коронавірусом.

Експериментально виявлено, що у пацієнтів із COVID-19 знижується рівень кількох видів кишечних бактерій, що, як відомо, змінюють імунну відповідь людини. Зміни бактеріального складу тривали щонайменше місяць після одужання, що свідчить про зв'язок дисбіотичного мікробіома кишечника з імун-

ними проблемами зі здоров'ям після COVID-19 (Старовойтова, 2021; Conte, 2020; Dhar, 2020; Dumas, 2018; Yeoh, 2021).

Вісь кишечник–легені–мозок. Пробиотики підсилюють імунну систему, бар'єрну функцію слизової оболонки та пригнічують бактеріальну адгезію та інвазію в епітелії кишечника, перебуваючи в прямому антагонізмі з патогенними бактеріями. Вісь кишечник–легені залучена до інфекційного процесу, викликаного патогенними бактеріями та вірусами, оскільки кишкова мікробіота посилює активність альвеолярних макрофагів, таким чином, захищаючи хазяїна від пневмонії. Експериментально доведено існування вісі кишечник–легені–мозок через комунікацію, опосередковану комплексом нейронних, імунологічних і нейроендокринних зв'язків.

Рецептори розпізнавання зразків (PRR) мають головне значення для розвитку вродженої імунної відповіді. Пробиотики регулюють вроджені імунні клітини за допомогою взаємодії між компонентами клітинної стінки з PRR хазяїна. Проте пробіотичні бактерії активізують дендритні клітини (ДК) та макрофаги, що підсилюють адаптивну імунну відповідь. Експресія рецепторів розпізнавання зразків (PRR) вибухає в легеневи́х клітинах під час запальних процесів. Найбільш вивчений PRR для розпізнавання патогенів — TLR (Toll Like Receptors), які є мембранними глікопротеїнами. Поява сигнальних молекул TLR4 у легеневи́х стромальних клітинах є критичною під час запального процесу дихальних шляхів, але саме пробиотики здатні зменшувати запалення, обмежуючи експресію TLR4 (Stavropoulou & Bezirtzoglou, 2020).

Експериментально доведена біологічна роль мікробіоти кишечника та її вплив на захворювання легень (астма, хронічне обструктивне захворювання легень, хронічний бронхіт, емфізема, рак легень, пневмонія, вірусні та бактеріальні інфекції). Встановлено, що вірусні інфекції респіраторного тракту викликають порушення мікробіоти кишечника (Dhar & Mohanty, 2020). Дослідження, проведені у Китаї, підтвердили, що інфекція COVID-19 впливає на рівновагу фізіологічної кишкової нормобіоти, особливо на зменшення кількості представників родів *Bifidobacterium* та *Lactobacillus* (Xu та ін., 2020). В іншому дослідженні було показано, що частка хворих на COVID-19, постраждалих від антибіотико-асоційованої діареї, становить 36% (Mak, Chan & Ng, 2020). Ці дослідження вказують на гостру необхідність підтримки балансу нормобіоти у хворих на COVID-19.

Вісь кишечник–легені та COVID-19. Кишечник та легені — компартменти тіла хазяїна, що заселені мікрофлорою, але легені, на відміну від кишечника, містять набагато менше нормобіоти. Проте існує двонаправлений зв'язок між легеньми та кишечником — вісь кишечник–легені. Вважають, що запалення у шлунково-кишковому тракті призводить до запалення легень унаслідок цього зв'язку. Дія одного з механізмів двонаправленої взаємодії між мікробіотою легень і кишечника полягає в тому, що підвищення проникності шлунково-кишкового тракту може спричиняти міграцію кишкової мікробіоти до легень, модулюючи їх нормобіоту та відповідні імунні відповіді. Крім того, представники кишкової мікрофлори та їх метаболіти (ліпополісахариди, коротколанцюгові жирні кислоти) також залучені до цієї двонаправленої взаємодії.

Припускають, що COVID-19 може викликати порушення мікрофлори легень, що модулює нормобіоту кишечника і, як наслідок, призводить до шлунково-кишкових симптомів. Також симптоми захворювання шлунково-кишкового, пов'язані з COVID-19, можуть виникати внаслідок однакового ембріонального походження шлунково-кишкового та респіраторного трактів. Відповідно, вони структурно схожі та однаково взаємодіють у фізіологічних і патологічних умовах (Olaimat, 2020; Zafar, 2020).

Кишкова мікробіота регулює баланс імунітету не лише в кишечнику, але й в інших органах. Зміні в кишковій нормобіоті можуть привести до респіраторних захворювань (Gautier та ін., 2021). Дослідники прийшли до висновку, що введення пробіотиків (інтраназально або перорально) підвищує імунітет і знижує рівень вірусу в легенях. Це підтримує комунікацію між кишечником і легенями (Dumas, Bernard, Poquet, Lugo-Villarino & Neyrolles, 2018).

Пероральне введення пробіотиків під час вірусної легеневої інфекції може запобігти розвитку кишкової інфекції та дисбіозу. Цей підхід допомагає у боротьбі з вірусними легневими інфекціями, зменшуючи запалення або діючи безпосередньо на вірус циркулюючими бактеріальними метаболітами. Метаболіти, що продукуються кишковими бактеріями, рухаються по кровотоку для модуляції імунної відповіді в окремих органах. Ці метаболіти відіграють ключову роль у діалозі кишкова мікробіота–легені.

Кишкова мікробіота продукує низку різноманітних метаболітів: фолат, індоли, γ -аміномасляна кислота, серотонін, вторинні жовчні кислоти, дезамінотирозин, коротколанцюгові жирні кислоти. Головними з них для застосування під час легневих вірусних інфекцій є бутират, вторинні жовчні кислоти та дезамінотирозин.

Бутират, пропіонат, ацетат тощо — коротколанцюгові жирні кислоти, що продукуються кишковою мікрофлорою, здатні регулювати запалення у хазяїна та модулювати імунітет проти патогенів. Бутират, окрім імуномодуючих властивостей, є важливим джерелом енергії для проліферації клітин товстого кишечника та підтримки бар'єрної функції кишечника. Бутират і пропіонат сприяють підвищенню LybC моноцитів у легенях під час грипу. Ці моноцити диференціюються в активовані макрофаги, відповідальні за зниження продукції нейтрофілів. Зниження рівня нейтрофілів призводить до зниження легеневої імунопатології, опосередкованої грипом (Dang & Marsland, 2019).

Дезамінотирозин — метаболіт кишкової нормобіоти, що утворюється під час метаболізму флавоноїдів. Ці флавоноїди активують секрецію інтерферону першого типу та захищають від грипу за рахунок збільшення рецепторів α/β -інтерферону тощо (Lobel & Garrett, 2017).

У печінці холестерин перетворюється на первинні жовчні кислоти, які надалі перетворюються кишковими бактеріями на вторинні жовчні кислоти (дезоксихолева кислота, літоохолева кислота, урсодезоксихолева кислота). Експериментально показана роль вторинних жовчних кислот у протизапальній дії, особливо у вродженій імунній системі (Hang та ін., 2019).

Зменшення «цитокінового шторму», пов'язаного з COVID-19, за допомогою застосування бактеріотерапевтичних препаратів. Цитокіновий шторм — це

агресивна запальна реакція, що виникає у деяких хворих на COVID-19. Це явище викликано продукуванням великої кількості прозапальних цитокінів (Huang та ін., 2020). Цей цитокіновий шторм може пошкодити легені, шлунково-кишковий тракт, печінку, нирки, мікроциркуляцію та очі. Наукові дослідження доводять, що пробіотики мають здатність регулювати функціональні імунні клітини, клітини слизової оболонки, епітеліальні клітини кишкового тракту людини. Пробіотики відіграють функціональну роль у відновленні та підтримці повної рівноваги між необхідними та непотрібними механізмами, враховуючі всі імунні відповіді (вродженні та адаптивні) (Khaled, 2021).

Регуляція імунної відповіді пробіотиками завжди здійснюється через реалізацію декількох біологічних взаємодій:

- пряма взаємодія з епітеліальними клітинами кишкового тракту;
- взаємодія з дендритними клітинами;
- взаємодія з фолікул-асоційованими епітеліальними клітинами;
- взаємодія з макрофагами;
- взаємодія з Т- і В-лімфоцитами;
- взаємодія з експресією генів;
- взаємодія з сигнальними шляхами (Старовойтова, 2018; Kullar, 2021).

У разі неможливості вакцинуватися, найкращим підходом у боротьбі з інфекцією COVID-19 є покращення імунної системи, використовуючи бактеріотерапевтичні препарати різних видів і поколінь (про-, пре, син-, пара- (мертві або інактивовані пробіотики), пост- (корисні метаболіти пробіотичних мікроорганізмів), симбіотики, імунобіотики тощо), здатні мінімізувати запальний процес, викликаний COVID-19 (Conte & Toraldo, 2020). Імунні переваги застосування пробіотиків при COVID-19 можуть бути пов'язані з розвитком імунітету слизової за рахунок стимуляції секреції імуноглобуліна А (IgA), покращення біологічних функцій фагоцитозу, макрофагів і регуляторних клітин. Крім того, пробіотики та деякі елементи живлення (вітаміни, мікроелементи та нутрицевтики) можуть посилювати імунні функції, що може впливати на обструкцію та керування вірусною інфекцією COVID-19 (Jayawardena, Sooriyaarachchi, Chourdakis, Jeewandara & Ranasinghe, 2020).

Потенційні механізми дії пробіотиків у запобіганні COVID-19. Експериментально доведено такі механізми запобігання COVID-19 пробіотиками:

- покращення епітеліального бар'єру кишечника;
- конкуренція з патогенними агентами за поживні речовини;
- прикріплення до епітеліальної стінки кишечника;
- продукція антипатогенних елементів;
- посилення імунної системи хазяїна (Ceccarelli, 2021; d'Ettorre, 2020; Gautier, 2021; Khaled, 2021; Kurian, 2021; Mak, 2020; Mirzaei, 2021; Olaimat, 2020; Stavropoulou, 2020; Zafar, 2020).

Кишкова мікробіота системно впливає на імунну відповідь хазяїна та на імунні реакції найближчих ділянок слизової оболонки, таких як легені. Застосування певних штамів біфідо- та лактобактерій може позитивно впливати на виведення вірусу грипу з дихальних шляхів.

Деякі пробіотичні штами здатні підвищувати рівень інтерферону першого типу внаслідок підвищення кількості та функції антиген-презентуючих клітин, природних клітин кілерів і Т-клітин, а також унаслідок підвищення рівня певних антитіл. Пробіотичні штами здатні підвищувати стабільність прозапальних та імунорегуляторних цитокінів, які дають змогу позбавитися від вірусів. Такі штами можуть бути найперспективнішими для запобігання гострого респіраторного дистрес-синдрому — головної перешкоди COVID-19 (Zafar та ін., 2020). Пробіотичні штами здатні зміцнювати «вузькі місця», наприклад, вони можуть діяти як паливо для колоноцитів, що може зменшити інвазію COVID-19 за рахунок підвищення рівня бутирату. Пробіотичні штами мають противірусні властивості. Однак жоден з цих механізмів та ефектів не був підтверджений для COVID-19. Хоча від застосування противірусних властивостей пробіотиків під час COVID-19 не слід відмовлятися, оскільки були отримані позитивні результати противірусної активності проти інших штамів коронавірусу. Більш того, хворі на COVID-19 дуже часто страждають від вторинних бактеріальних інфекцій (Kullar, Johnson, McFarland & Goldstein, 2021).

Отже, можна зробити висновок, що мікробіом кишечника може відігравати ключову роль у тяжкості перебігу COVID-19, можливо, через модуляцію імунної відповіді хазяїна.

Але склад мікробіоти кишечника є дуже неоднорідним за людськими популяціями, тому зміни в композиційному складі мікробіоти у хворих на COVID-19 можуть відрізнятися залежно від біогеографічних локацій пацієнтів. Однак дослідження змін мікробіоти кишечника в поєднанні з імунними порушення регуляції виявило, що, ймовірно, задіяні мікроорганізми кишечника у модуляції запальних реакцій хазяїна при COVID-19.

Отже, мікробіота кишечника може впливати на імунну відповідь і таким чином на прогресування захворювання. Як надмірно активна, так і недостатня активність імунної відповіді пов'язана зі станом мікробіоти кишечника, що може призвести до серйозних клінічних ускладнень при COVID-19. Відповідно, нездоровий статус мікробіоти є певним фактором ризику.

Оскільки мікробіоту можна підтримувати, застосовуючи адекватні, безпечні та порівняно недорогі бактеріотерапевтичні препарати (про-, пре-, синбіотики, імунобіотики, функціональні продукти харчування збагачені пробіотичними мікроорганізмами тощо), їх призначення слід розглядати як додаткове лікування для обмеження прогресування COVID-19 в інфікованих пацієнтів, або як профілактичну стратегію для неінфікованих людей, що перебувають у групі ризику під час розширення локалізації COVID-19 або вторинних-третинних хвиль (Старовойтова, 2021; Старовойтова, 2015; Ceccarelli, 2021; d'Ettorre, 2020; Gautier, 2021; Khaled, 2021; Kurian, 2021; Mak, 2020; Mirzaei, 2021; Olaimat, 2020; Stavropoulou, 2020; Zafar, 2020).

Дієта, фактори зовнішнього середовища та генетика відіграють важливу роль у формуванні мікробіоти кишечника, яка може впливати на імунітет. У літньому віці різноманітність мікробіоти кишечника зменшується, саме тому COVID-19 в основному призвів до летального результату у пацієнтів літнього віку, що знову вказує на роль мікробіоти кишечника у цій хворобі. Поліпшення профілю мікробіоти кишечника шляхом застосування пробіотиків, особливо

імунобіотиків, індивідуального харчування та добавок, збагачених пробіотичними мікроорганізмами, які, як відомо, покращують імунітет, є одним із профілактичних способів, за допомогою якого вплив цієї хвороби може бути мінімізований у людей похилого віку та хворих з імунним ризиком.

Перспективними є нові випробування щодо ефекту спільного вживання персоналізованої функціональної їжі, включаючи застосування пребіотиків/пробіотиків, імунобіотиків тощо, поряд із сучасними методами лікування.

Висновки

Визначення потенційної ролі, яку відіграють мікроорганізми нормобіоти кишечника в патогенезі COVID-19, дасть змогу використовувати мікробіомний профіль ризику для ідентифікації осіб, яким загрожує важка хвороба або запальний процес. Рациональне поєднання бактеріотерапевтичних препаратів і функціональних продуктів харчування, збагачених пробіотичними мікроорганізмами поряд із сучасними методами лікування, може значно покращити та прискорити одужання пацієнтів хворих на COVID-19.

Література

Старовойтова, С. О., Антонюк, М. М. (2021). Взаємозв'язок нормобіоти кишечника та особливості перебігу Covid-19. Актуальні питання діагностики COVID-19: зб. матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Рівне, 18-19 лютого 2021 р. / редкол.: Р. О. Сабадишин та ін. Рівне: КЗВО «Рівненська медична академія». 109—113.

Старовойтова, С. А., Карпов, А. В. (2015). Иммунобиотики и их влияние на иммунную систему человека в норме и при патологии. *Biotechnology. Theory and Practice*, 4, 10—20. doi: 10.11134/btp.4.2015.2.

Ceccarelli, G., Borrazzo, C., Pinacchio, C., Santinelli, L., Innocenti, G. P., Cavallari, E. N., Celani, L., Marazzato, M., Alessandri, F., Ruberto, F., Pugliese, F., Venditti, M., Mastroianni, C. M., d'Ettorre, G. (2021). Oral bacteriotherapy in patients with COVID-19: a retrospective cohort study *Front. Nutr.*, 7, 1—8. doi: 10.3389/fnut.2020.613928.

Conte, L., Toraldo, D. M. (2020). Targeting the gut–lung microbiota axis by means of a high-fibre diet and probiotics may have anti-inflammatory effects in COVID-19 infection. *Ther. Adv. Respir. Dis.*, 14, 1—5. doi: 10.1177/1753466620937170.

Dang, A. T., Marsland, B. J. (2019). Microbes, Metabolites, and the Gut-Lung Axis. *Mucosal Immunol.*, 12, 843—850. doi: 10.1038/s41385-019-0160-6.

Dhar, D., Mohanty, A. (2020). Gut microbiota and Covid-19- possible link and implications. *Virus Res.*, 285, 198018. doi: 10.1016/j.virusres.2020.198018.

Dumas, A., Bernard, L., Poquet, Y., Lugo-Villarino, G., Neyrolles, O. (2018). The Role of the Lung Microbiota and the Gut-Lung Axis in Respiratory Infectious Diseases. *Cell. Microbiol.*, 20, e12966. doi: 10.1111/cmi.12966.

D'Ettorre, G., Ceccarelli, G., Marazzato, M., Campagna, G., Pinacchio, C., Alessandri, F., Ruberto, F., Rossi, G., Celani, L., Scagnolari, C., Mastropietro, C., Trinchieri, V., Recchia, G. E., Mauro, V., Antonelli, G., Pugliese, F., Mastroianni, C. M. (2020). Challenges in the Management of SARS-CoV2 Infection: The Role of Oral Bacteriotherapy as Complementary Therapeutic Strategy to Avoid the Progression of COVID-19. *Front. Med.*, 7(389), 1—7. doi: 10.3389/fmed.2020.00389.

Gautier, T., David-Le, Gall, S., Sweidan, A., Tamanai-Shacoori, Z., Jolivet-Gougeon, A., Loréal, O., Bousarghin, L. (2021). Next-Generation Probiotics and Their Metabolites in COVID-19. *Microorganisms*, 9, 1—13. doi: 10.3390/microorganisms9050941.

Gohil, K., Samson, R., Dastage, S., Dharne, M. (2021). Probiotics in the prophylaxis of COVID-19: something is better than nothing. *Biotech.*, 11(1), 1—10. doi: 10.1007/s13205-020-02554-1.

- Hang, S., Paik, D., Yao, L., Kim, E., Trinath, J., Lu, J., Ha, S., Nelson, B. N., Kelly, S. P., Wu, L., Zheng, Y., Longman, R. S., Rastinejad, F., Devlin, A. S., Krout, M. R., Fischbach, M. A., Littman, D. R., Huh, J. R. (2019). Bile Acid Metabolites Control TH17 and Treg Cell Differentiation. *Nature*, 576, 143—148. doi: 10.1038/s41586-019-1785-z.
- Huang, C., Wang, Y., Li, X., Lu, Y., Zhu, X., Li, Y., Xue, H., Lin, Y., Zhang, M., Sun, Y., Yang, Z., Shi, J., Wang, Y., Zhou, C., Dong, Y., Peng, L., Liu, P., Dudek, S. M., Xiao, Z., Lu, H. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet.*, 395, 497—506. doi: 10.1101/2020.03.04.20030395.
- Jayawardena, R., Sooriyaarachchi, P., Chourdakis, M., Jeewandara, C., Ranasinghe, P. (2020). Enhancing immunity in viral infections, with special emphasis on COVID-19: A review. *Diabet. Metabol. Syndrome Clin. Res. Rev.*, 14(4), 367—382. doi: 10.1016/j.dsx.2020.04.015.
- Khaled, J. M. A. (2021). Probiotics, prebiotics, and COVID-19 infection: A review article. *Saudi Journal of Biological Sciences.*, 28, 865—869. doi: 10.1016/j.sjbs.2020.11.025.
- Kullar, R., Johnson, S., McFarland, L. V., Goldstein, E. J. C. (2021). Potential Roles for Probiotics in the Treatment of COVID-19 Patients and Prevention of Complications Associated with Increased Antibiotic Use. *Antibiotics.*, 10(4), 1—10. doi: 10.3390/antibiotics10040408.
- Kurian, S. J., Unnikrishnan, M. K., Miraj, S. S., Bagchi, D., Banerjee, M., Reddy, B. S., Rodrigues, G. S., Manu, M. K., Saravu, K., Mukhopadhyay, C., Rao, M. (2021). Probiotics in prevention and treatment of COVID-19: current perspective and future prospects. *Archives of Medical Research.*, 16, 1—13. doi: 10.1016/j.arcmed.2021.03.002.
- Lobel, L., Garrett, W. S. (2017). Take DAT, Flu! *Immunity*, 47(3), 400—402. doi: 10.1016/j.immuni.2017.09.002.
- Mak, J. W. Y., Chan, F. K. L., Ng, S. C. (2020). Probiotics and COVID-19: one size does not fit all. *Lancet Gastroenterol. Hepatol.*, 5(7), 644—645. doi: 10.1016/S2468-1253(20)30122-9.
- Mirzaei, R., Attar, A., Papizadeh, S., Jeda, A. S., Hosseini-Fard, S. R., Jamasbi, E., Kazemi, S., Amerkani, S., Talei, G. R., Moradi, P., Jalalifar, S., Yousefimashouf, R., Hossain, M. A., Keyvani, H., Karampoor, S. (2021). The emerging role of probiotics as a mitigation strategy against coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Archives of Virology.*, 166(7), 1819—1840. doi: 10.1007/s00705-021-05036-8.
- Olaimat, A. N., Aolymat, I., Al-Holy, M., Ayyash, M., Ghoush, M. A., Al-Nabulsi, A. A., Osaili, T., Apostolopoulos, V., Liu, S.-Q., Shah, N. P. (2020). The potential application of probiotics and prebiotics for the prevention and treatment of COVID-19. *Science of Food.*, 4, 1—7. doi: 10.1038/s41538-020-00078-9.
- Stavropoulou, E., Bezirtzoglou, E. (2020). Probiotics as a weapon in the fight against COVID-19. *Frontiers in Nutrition.*, 7, 1—4. doi: 10.3389/fnut.2020.614986.
- Zafar, N., Aslam, M. A., Ali, A., Khatoon, A., Nazir, A., Tanveer, Q., Bilal, M., Kanwar, R., Qadeer, A., Sikandar, M., Zafar, A. (2020). Probiotics: Helpful for the prevention of COVID-19? *Biomedical Research and Therapy*, 7(11), 4086—4099. doi: 10.15419/bmrat.v7i11.646.
- Yeoh, Y. K., Zuo, T., Lui, G. C.-Y., Zhang, F., Liu, Q., Li, A. Y. L., Chung, A. C. K., Cheung, C. P., Tso, E. Y. K., Fung, K. S. C., Chan, V., Ling, L., Joynt, G., Hui, D. S.-C., Chow, K. M., Ng, S. S. S., Li, T. C.-M., Ng, R. W. Y., Yip, T. C. F., Wong, G. L.-H., Chan, F. K. L., Wong, C. K., Chan, P. K. S., Ng, S. C. (2021). Gut microbiota composition reflects disease severity and dysfunctional immune responses in patients with COVID-19. *Gut.*, 1—9. doi: 10.1136/gutjnl-2020-323020.
- Xu, K., Cai, H., Shen, Y., Ni, Q., Chen, Y., Hu, S., Li, J., Wang, H., Yu, L., Huang, H., Qiu, Y., Wei, G., Fang, Q., Zhou, J., Sheng, J., Liang, T., Li, L. (2020). Management of coronavirus disease-19 (COVID-19): the Zhejiang experience. *J. Zhejiang Univ. (medical science)*, 49(1), 147—157. doi: 10.3785/j.issn.1008-9292.2020.02.02.

APPLICATION OF BIOCEMENTATION IN THE CONTEXT OF SOLVING ENVIRONMENTAL ISSUES

V. Udymovych

National University of Food Technologies

Key words:

Biocementation
Portlandcement
Microbiologically induced calcium precipitation
Urease-producing bacteria
Urease
Sporosarcina pasterii
Bacillus subtilis

Article history:

Received 03.08.2021
Received in revised form 17.08.2021
Accepted 25.08.2021

Corresponding author:

V. Udymovych

E-mail:

udymovych@ukr.net

ABSTRACT

Portlandcement and derivative mixtures are the basis for the modern construction industry. Today, this material is used for the construction and development of infrastructure such as housing, industrial production, roads, etc. Portlandcement is also needed to maintain the condition of previously built facilities.

But the production of such building materials requires the creation of complex infrastructure and huge energy costs (portlandcement is obtained at a temperature of 950°C). The production of cement mixtures leads to emissions of large amounts of carbon dioxide (according to studies of the global carbon project in 2019, cement industry ranks fourth in the world in terms of carbon dioxide emissions with an approximate amount of 1.5 billion tons).

Portlandcement is often used to strengthen coastal areas, mountain ranges and soil during human activities or during natural disasters.

This raises the question of creating inexpensive but efficient and durable building materials based on biotechnology. That is why microbial-induced calcium precipitation (MICP) by microorganisms is considered by many researchers as a promising way for soil strengthening and is called biocementation. MICP can also be used to create the surface protection of concrete structures and for their recovery. In biocementation, urease-producing bacteria (representatives of the genera *Sporosarcina*, *Yaniella* or *Bacillus*) are mainly used. The development and use of biocementation in the future may solve certain environmental problems associated with carbon emissions in the event of large production facilities.

However, in developing this area it is necessary to pay attention to issues which may arise during implementation, namely: isolation of a microorganism with a high level of urease synthesis; search for a cheap nutrient medium for the accumulation of microorganisms in large-scale production; development of an effective system for the distribution of the necessary components for the successful implementation of microbial-induced calcium precipitation; ensuring biological safety to prevent negative impact on humans and the environment; proper environmental control.

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-4-8

ЗАСТОСУВАННЯ БІОЦЕМЕНТАЦІЇ В КОНТЕКСТІ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПИТАНЬ

В. М. Удимович

Національний університет харчових технологій

Портландцемент та похідні суміші є основою для сучасної будівельної галузі. На сьогодні цей матеріал використовується для будівництва і розвитку таких інфраструктурних об'єктів, як житло, промислові виробництва, дороги тощо. Також портландцемент потрібний для підтримання належного стану раніше побудованих об'єктів.

Але виробництво подібних будівельних матеріалів вимагає створення складних інфраструктурних об'єктів і значних енергетичних затрат (портландцемент отримують за температури 950°C). Виробництво цементних сумішей призводить до викидів великої кількості вуглекислого газу (відповідно до даних досліджень глобального проекту з викидів вуглецю за 2019 р., цементна промисловість займає четверте місце у світі за викидами вуглекислого газу з приблизною кількістю у 1,5 млрд т).

Портландцемент часто використовується для укріплення прибережних зон, гірських масивів і ґрунтів під час антропогенної діяльності або при природних катаклізмах.

У зв'язку з цим постає питання створення недорогих, але ефективних і довговічних будівельних матеріалів на основі продуктів біотехнології. Саме тому мікробно індуковане осадження кальцію (МІОК) за допомогою мікроорганізмів розглядається багатьма дослідниками як перспективний напрям для забезпечення укріплення ґрунтів та називається біоцементациєю. Також МІОК може використовуватися для створення поверхневого захисту бетонних конструкцій та для їх відновлення. При біоцементациї переважно використовуються уреазопродукуючі бактерії (представники родів *Sporosarcina*, *Yaniella* або ж *Bacillus*). Розвиток і використання біоцементациї в майбутньому може вирішити певні екологічні проблеми, які пов'язані з викидами вуглекислого газу при створенні великих виробничих потужностей.

Однак при розробці цього напрямку необхідно приділити увагу питанням, які можуть виникнути під час реалізації, а саме: виділення мікроорганізму з високим рівнем синтезу уреаз; пошук дешевого поживного середовища для накопичення мікроорганізмів при великотоннажному виробництві; розробка ефектної системи розподілу необхідних компонентів для успішної реалізації мікробно індукованого осадження кальцію; забезпечення біологічної безпеки для недопущення негативного впливу на людину та екологію; належний контроль навколишнього середовища.

Ключові слова: біоцементация, портландцемент, мікробно індуковане осадження кальцію, уреазо-продукуючі бактерії, уреаз, *Sporosarcina pasteurii* *Bacillus subtilis*.

Постановка проблеми. Належне обслуговування бетонних конструкцій має надзвичайно важливе значення для гарантування розрахованого терміну експлуатації (Czarnecki & Woysiechowski, 2013). Зважаючи на сучасні реалії, бетонні конструкції та покриття при взаємодії з навколишнім середовищем або при механічних пошкодженнях втрачають свою первинну міцність і структуру, що в майбутньому може призвести до катастрофічних наслідків. Європейський стандарт EN 1504 класифікує причини дефектів на дві основні групи: дефекти, спричинені пошкодженнями бетонного шару через вплив механічних, хімічних або фізичних факторів або корозію арматури, що викликана процесом взаємодії карбону та бетону. У зв'язку із цим протягом останніх років були розроблені різноманітні стандарти та рекомендації щодо проведення ремонтних робіт, наприклад, EN 1504, ACI 562-16 або ACI 546R-14.

Залежно від різних механізмів захисту бетонних поверхонь і конструкцій розрізняють три методи:

1. Рівномірне покриття з метою просочування засобів на основі воску.
2. Герметизація за допомогою засобів на основі смоли.
3. Покриття акриловими смолами.

Для відновлення та зміцнення конструкцій бетону використовуються ремонтні розчини та бетони. Методи зовнішньої поверхневої обробки, зазвичай, використовують для захисту від проникнення агресивних агентів, для контролю вологості та для збільшення механічної, фізичної і хімічної стійкості.

Водночас необхідно враховувати, що виробництво цементу є доволі енергоємним процесом, оскільки отримання цементу відбувається за температури 950°C протягом кількох годин для належного перетворення вапняку в цементний клінкер. Сучасні цементні матеріали передбачають використання та перетворення вапняку та доломіту при температурі 20—60°C або ж мікробних компонентів.

Метою статті є аналіз сучасних публікацій, які стосуються методів обробки бетонних конструкцій та ґрунтів для їхнього укріплення. Наведені в статті результати дослідження узагальнюють інформацію щодо використання не лише традиційних матеріалів, а й альтернативних біоцементуючих розчинів отриманих біотехнологічним шляхом.

Викладення основних результатів дослідження. *Цементні матеріали та речовини для ремонту.* Цементні розчини давно використовуються як матеріали для відновлення бетону через їхню достатню міцність і високу сумісність з бетоном. Прийнято вважати, що цементні розчини допускається використовувати лише у тріщинах та деформаціях, ширина яких дорівнює хоча б 1,5—2,3 розміру найбільших частинок цементу. Через малий розмір частинок ці суспензії мають непогані характеристики проникнення, що дає змогу заповнювати тріщини (Onofrei et al., 1989).

Набуває популярності також підвищення міцності тріщин за допомогою розчину колоїдних наночастинок гідроксиду кальцію розміром від 50 до 300 нм (Van Hees et al., 2014, Rodriguez-Navarro et al., 2013). У цьому випадку реакція води та вуглекислого газу з гідроксидом кальцію призводить до кристалізації

карбонату кальцію з подальшим утворенням стабільного кальциту приблизно через 28 діб (Narwaria & Tiwari, 2016).

Ремонтні розчини та речовини на основі цементу мають надзвичайно широку номенклатуру. На якість подібних розчинів безпосередньо впливає кількість води, яка використовується для приготування, оскільки це безпосередньо впливає на в'язкість кінцевого розчину, проникнення та міцність щеплення мікроструктури бетонної конструкції. (Kubiak et al., 2011, Wojciechowski et al., 2016, Lukovic & Ye, 2015).

Суміші з модифікованими полімерами цементу (МПЦ) визначаються як гідралічний цемент, поєднаний під час змішування з органічними полімерами, які дисперговані або повторно дисперговані у воді, з агрегатами або без них. Злиття полімеру відбувається у вигляді гідрату цементу, в результаті чого утворюється спільна матриця гідратованого цементу і полімерної плівки. Завдяки цьому покращуються механічні показники, міцність зчеплення, міцність на розрив разом із зменшенням пружності (Parghi & Alam, 2016).

Геополімерні бетони (ГПБ) можна розглядати як відносно нові стійкі будівельні матеріали, що включають промислові відходи до їх складу (Huseien et al., 2017, Somma et al., 2011). Вони є безцементними альтернативними матеріалами, що виробляються у результаті хімічної взаємодії попелу, гранульованого доменного шлаку, суміші гідроксиду натрію (NaOH) та розчину силікату натрію (Na_2SiO_3) (Somma et al., 2011). ГПБ є доволі непоганою альтернативою для ремонту конструкцій на основі портландцементу за рахунок пружності, коефіцієнта Пуассона та міцності на розриві (Huseien et al., 2017, Pacheco-Torgal et al., 2012).

Відомо, що гідрофобна обробка зменшує вміст вологи у бетоні та пригнічує її капілярне проникнення (Medeiros & Helene, 2009). Ferrara та Pattarini (Ferrara & Pattarini, 2016) у своїх дослідженнях намагалися додати силоксанові сполуки безпосередньо до суміші для отримання таких же водовідштовхувальних характеристик, як і при використанні звичайних речовин для обробки досліджуваних поверхонь. Але сьогодні проглядається тенденція до використання гідрофобних агентів на основі силану (мікроемульсій) для досягнення водовідштовхувального ефекту (Xue et al., 2017).

Просочення бетонної поверхні гідрофобними матеріалами (напр., силанами, силоксанами), що здатні проникати крізь пори в бетоні, ефективне рішення для покращення характеристик бетону. Але ця умова може досягатися лише тоді, коли молекулярна будова речовини досягає достатньої глибини проникнення та взаємодії з конструкцією для досягнення гідрофобності обробленої поверхні (Pan et al., 2017).

Обробка поверхні для блокування пор збільшує твердість і непроникність поверхневого шару бетону при блокуванні капілярних пор (Jiang et al., 2015, Baltazar et al., 2014). Найпоширенішим герметиком для цього є силікат натрію (LaRosa Thompson et al., 1997). Pan та ін. (Pan et al., 2015) підтвердили ефективність як силікату натрію, так і фторосилікату для зменшення повітропроникності бетону, вимірювання глибини проникнення до 5 мм. Однак Ibrahim та ін. (Ibrahim et al., 1999) порівнювали ефективність різних матеріалів для обробки по-

верхонь для підвищення стійкості бетону до сульфатного впливу, карбонізації та дифузії хлоридів і зробили висновки, що найгірший захист спостерігається після обробки силікатом натрію. У дослідженні (Dai et al., 2010) повідомлялося, що речовини на основі силікату натрію не перешкоджають потраплянню води до капілярних пор бетонних конструкцій.

Мікробно індуковане осадження кальцію як альтернатива. Мікробно індуковане осадження кальцію (МІОК) останнє десятиліття все більше вивчається як один з екологічних і перспективних напрямів відновлення та зміцнення не лише бетонних конструкцій, а й піщаних ґрунтів та пісків у прибережних зонах (Wang et al., 2016, Ferrara et al., 2018). Обробка біологічними агентами бетонних матеріалів призводить до більш високої стійкості до різноманітних атмосферних коливань (замерзання/розтавання), поліпшення міцності поверхні та зниження проникності води в цілому (De Muynck et al., 2010, Le Metayer-Levrel et al., 1999, Rodriguez-Navarro et al., 2003, De Muynck et al., 2011, De Muynck et al., 2008 a/b).

Біомінералізація — процес осадження кристалів у клітинному або позаклітинному матриксі живого організму (Lowenstam & Weiner, 1989), який відбувається за рахунок переміщення та перетворення металів мікроорганізмами (Dhami et al., 2013; Dhami et al., 2016; Phillips et al., 2013; Zhu & Dittrich, 2016). Одним із найбільш досліджених і вивчених процесів біомінералізації є перетворення карбонату кальцію (CaCO_3) з подальшим утворенням кальциту (Fernandez et al., 2018, Banks et al., 2010; Ronholm et al., 2014; Rusznayk et al., 2012). Щороку з'являється інформація про проведення досліджень про вплив мікроорганізмів на осадження карбонату кальцію для геологічного та будівельного застосування (Dhami et al., 2013; Dhami et al., 2014).

Відповідно до досліджень та класифікації, Meldrum (2003) пропонує вважати біомінералізацію як «біологічно індуковану» мінералізацію чи «мінералізовану через органічну матрицю». «Біологічно індукована» мінералізація є взаємодією мікроорганізмів з навколишнім середовищем, що призводить до осадження біомінералів. «Мінералізація, опосередкована органічною матрицею», передбачає організм, який безпосередньо контролює процес біомінералізації, наприклад, процес осадження кальцію (CaCO_3), або ж мікробно індуковане осадження кальцію (МІОК).

Кальцит є кінцевим результатом МІОК завдяки взаємодії уреазо-продукуючих бактерій з іонами сечовини та кальцію (Stocks-Fisher et al., 1999; Frankel & Bazylinski, 2003; Whiffin, 2004; Mitchell & Santamarina, 2005; Ivanov & Chu, 2008; DeJong et al., 2010; De Muynck et al., 2010; Ivanov & Stabnikov, 2017; Ivanov, 2010). МІОК передбачає покращення геотехнічних властивостей ґрунтів і відновлення бетонних конструкцій за рахунок осадження кальциту при активності уреазопродукуючих бактерій (Whiffin, 2004; Van Paassen, 2009; DeJong et al., 2013). Вивчення формування цього процесу є важливим для розуміння інших природних механізмів осадження CaCO_3 (Banks et al., 2010; Cacchio et al., 2003; Fukue et al., 2003; Wright & Oren, 2005) з метою подальшої комерціалізації та збільшення об'ємів застосування технології.

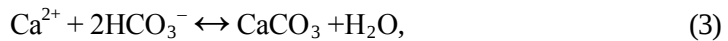
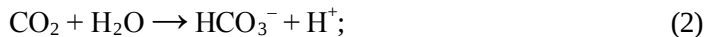
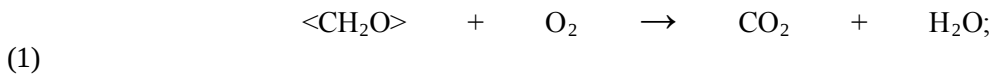
МІОК є успішним у разі досягнення та підтримання п'яти ключових факторів: (1) концентрації кальцію, (2) рівня розчиненого неорганічного вуглецю, (3) pH середовища, (4) активності уреаз (5) активності карбоангідрази (Hammes & Verstraete, 2002; Hammes et al., 2003; Achal et al., 2015; Ivanov & Stabnikov, 2019).

Оскільки МІОК є доволі складним біохімічним процесом, то на нього суттєво можуть впливати такі фактори, як температура навколишнього середовища, pH, вміст води, концентрація сечовини, вид (або ж група видів) та концентрація мікроорганізмів, розміри пор як ґрунту, так і бетонних конструкцій (McConnaughey & Whelan, 1997; Stocks-Fischer et al., 1999; Whiffin, 2004; Whiffin et al., 2007; Van Paassen et al., 2010; Achal et al., 2009; Harkes et al., 2010; Achal & Pan, 2011; Castro et al., 2016; Sharma & Ramkrishnan, 2016).

Результати деяких досліджень підтверджують, що біоцементация може успішно збільшувати міцність і в'язкість між частинками піску на відносно великих площах (Van Paassen et al., 2010, Ivanov & Chu, 2008; DeJong et al., 2010, 2013; Dhami et al., 2013; Gao et al., 2019; He et al., 2020), однак без можливості біоцементации мулистих піщаних або глинистих ґрунтів (He et al., 2020).

У природі карбонат кальцію виробляється хемотрофними і фототрофними мікроорганізми, які одночасно утворюють іони карбонату через збільшення значення pH (Castanier et al., 1999, Cacchio et al., 2003, Wright & Oren, 2005).

Хемотрофні осади CaCO_3 :



де $\text{<CH}_2\text{O>}$ — узагальнена формула вуглеводів.

Однак для нейтралізації протонів повинна бути додаткова реакція, наприклад, гідроліз сечовини ферментом уреазою:



Біоцементация, представлена в рівняннях 1—5, наразі є найпопулярнішою методикою, що використовується для агрегації та зміцнення ґрунтів (Whiffin et al., 2017; Ivanov & Chu, 2008, Burbank et al., 2011, Stabnikov et al., 2011, Stabnikov et al., 2013 a, b; DeJong et al., 2013; Gurbuz et al., 2015; Kim et al., 2016; Sotoudehfar et al., 2016; Ivanov & Stabnikov, 2017) або для іммобілізації ґрунтових забруднень (Stabnikov et al., 2013 a; Warren et al., 2001; Gadd & Pan, 2016). Її часто називають мікробно індукованим осадженням карбонату кальцію (МІОКК), або мікробно індукованим осадженням кальцію (МІОК). Насправді, жоден термін не є науково правильним, оскільки існує багато інших хемотрофних і фототрофних типів МІОК. Більш точним і менш зручним терміном є «кристалізація карбонату кальцію», що залежить від уреазної активності.

На сьогодні найбільш вивченими мікроорганізмами для проведення мікробно індукованого осадження кальцію є уреазопродукуючі бактерії (Whiffin, 2004; Whiffin et al., 2007; Van Paassen, 2011; Stabnikov et al., 2013; Umar et al., 2016;

Mujah et al., 2017; Bibi et al., 2018). Hokkanen та Lynch (2003) у своїх дослідженнях відзначають, що передбачити розвиток бактерій, які пропонується використовувати для МІОК, не завжди можливо, тому необхідно аналізувати в кожному конкретному випадку модель їх застосування та можливі ризики.

Прогалини та обмеження при використанні МІОК. Багато дослідників з усього світу, таких як Al Qabany, DeJong, Valencia, Van Paassen, Whiffin та ін., виявили ряд недоліків та обмежень у технології МІОК для стабілізації ґрунту: як забезпечити наявність гомогенного шар покриття при обробці; яким чином створену технологію зробити безперебійною, системною та однорідною через застосування для різних оброблюваних площ і конструкцій; чи буде досягнуто умову рівномірного просочування та осадження кальцію? Саме ці питання на сьогодні створюють системні обмеження для подальшої економічної, а найголовніше, екологічної перспективи застосування МІОК у промислових масштабах.

Окрім вище зазначених обмежень, які в перспективі можуть бути подолані, також необхідно відзначити щонайменше ще два, які в майбутньому можуть створити негативний ефект: потенційна біологічна небезпека від запропонованих до використання екзогенних бактерій, які є умовно патогенними мікроорганізмами при проведенні МІОК, і концентрація амонію з подальшим утворенням аміаку (небажаний побічний продукт МІОК), що може призвести до впливу на навколишнє середовище через потрапляння до атмосфери та гідросфери (відкриті водойми та озера) з подальшим впливом на людину.

Однією з перешкод перед промисловим становленням і використанням МІОК для біоцементування є вартісне поживне середовище для накопичення уреазо-продукуючих бактерій. У літературі описана спроба використання активного мулу, який утворювався на міських очисних спорудах, для вирощування уреазо-продукуючих бактерій *Sporosarcina pasteurii* ATCC 11859 (Whiffin, 2004). Обробку мулу проводили 0,5М NaOH протягом 20 хв з подальшою нейтралізацією до рН 8,0 сірчаною кислотою, H₂SO₄. Проте цей гідролізат не забезпечував достатній ріст УПБ. При зміні режиму гідролізу активного мулу вдалося отримати середовище, яке відповідало вимогам отримання біомаси для масштабної біоцементації при культивуванні уреазо-продукуючих бактерій з конститутивною уреазою (*Bacillus* sp. VS1) та індукцбельною уреазою (*Yaniella* sp. VS8) (Stabnikov, 2016; Ivanov & Stabnikov, 2019).

Одним із способів отримання та накопичення уреазо-продукуючих бактерій є подача сечовини до ґрунтів (Stabnikov et al., 2013 b; Al-Thawadi, 2013). Потім відбувається відбір галофільних і лужнофільних уреазо-продукуючих бактерій або навіть автохтонних мікроорганізмів для відпрацювання біоцементації за уреазної активності *in situ* (Hammes et al., 2003; Burbank et al., 2011, 2012). Відбір уреазо-продукуючих бактерій відбувається при використанні середовищ, що мають достатньо високу концентрацію солі та високі межі значення рН (Stabnikov et al., 2013 b). Ці умови допомагають отримувати та накопичувати культури з високим рівнем активності уреаз, навіть у неасептичних умовах (Cheng & Cord-Ruwisch, 2012).

Найкращим результатом накопичення *Yaniella* sp. VS8 та *Bacillus* sp. VS1 було використання дріжджового екстракту (20 г/л) та триптон соєвого бульйону як поживного середовища. Низька активність уреаз при використанні активного мулу, як джерела поживного середовища, може бути пов'язана з тим, що протеази, які утворюються при накопиченні біомаси, інактивують уреазу, а також із синтезом як внутрішньоклітинної, так зовнішньоклітинної уреаз.

Свого часу повідомлялося про те, що всі бактерії на планеті є природними, а отже, перенесення певних їх представників в інші ареали існування не спричинить екологічних змін і ризиків у майбутньому. Однак, з огляду на проблеми біологічного ризику, Umap та ін. (2016) згадують, що бактерії, які пропонується використовувати при МІОК, необхідно обирати на основі аналізу біологічної небезпеки не лише під час обробки досліджуваних ділянок, але й після обробки, уникаючи використання генетично модифікованих організмів (ГМО) або збудників, які можуть впливати на місцеву автохтонну мікробну.

Уреаза, що належить до групи гідролаз, — це металофермент, що містить нікель, який каталізує гідроліз сечовини в аміак і карбонат, ініціюючи реакційний ланцюг осадження карбонату кальцію (Castro et al., 2016). Li та ін. (2013) показали, що уреазопродукуючі бактерії можуть поглинати розчинні важкі метали в ґрунтах та ґрунтових водах і є активними під час МІОК. Автори, вивчаючи процес МІОК за допомогою гідролізу сечовини у *Sporosarcina pasteurii* та *Terrabacter*, дійшли висновку, що обидві бактерії успішно асимілюють Ni, Cu, Pb, Co, Zn та Cd з ґрунтів, осаджуючи їх карбонатами навіть за кислого значення рН, моделюючи ситуацію як при кислотних атмосферних опадах.

Іванов та співавт. досліджували технологію використання біоосадження на основі мінералізації заліза шляхом осадження оксиду заліза для поліпшення властивостей ґрунтів (Ivanov et al., 2014 a, b). Для порівняння було використано два різних біорозчини: біорозчин на основі заліза та біорозчин на основі карбонату кальцію, що потім випадає в осад. Контроль біорозчину на основі карбонату кальцію складався з хлориду кальцію, сечовини та бактерій, що розкладають сечовину, тоді як біорозчин на основі заліза складався з можливості використання залізівідновлювальних бактерій, залізної руди та органічних відходів (Ivanov et al., 2014 a). Зразки, де використовувалися за основу залізівідновлювальні бактерії, не могли досягти достатньої міцності як біологічно оброблені зразки на основі кальцію, загальна водонепроникність також була значно нижчою у зразках із залізівідновлювальними бактеріями.

Іванов та ін. (Ivanov et al., 2009) окремо підкреслили, що типові значення рН, які можуть бути створені МІОК, знаходяться в діапазоні значень від 8,3 до 9,5, що може бути надзвичайно критичним для корозії сталевих арматур в залізобетонних конструкціях. Тому при використанні МІОК за допомогою уреазопродукуючих або залізівідновлювальних бактерій необхідно ретельно вивчати глибину тріщин бетонних конструкцій, а в разі виявлення доволі глибоких тріщин в арматурному каркасі потрібно забезпечувати ретельний контроль.

Карбоангідраза (КА), як і уреаз, відіграє важливу роль при проведенні МІОК, але на сьогодні ще не достатньо вивчено, як саме впливає на МІОК. КА також є металоферментом, але замість нікелю містить цинк, що вступає у ката-

літичну взаємодію з CO_2 та HCO_3 (бікарбонатом). При взаємодії з бікарбонатом вивільняються іони водню (H_2), які сприяють осадженню карбонату кальцію до кальциту з вивільненням води та вуглекислого газу (Castro et al., 2016). При осадженні карбонату кальцію за рахунок карбоангідрази форма осаду може бути ромбоєдром (менш жорстка структура) або ж багатокутною, а при наявності уреазі — еліпсоїдальною або ж багатокутною, що підтверджує взаємодоповнення елементів.

МІОК може функціонувати за рахунок гідролізу сечовини, аеробного окислення, денітрифікації, відновлення сульфату тощо. Однак Van Paassen та ін. (2010) та Achal & Pan (2011) вважають, що МІОК за рахунок гідролізу сечовини (за наявності уреазі) є найбільш контрольованим шляхом з найвищим показником осадження CaCO_3 за найкоротший час.

Мікроорганізми як невід’ємна складова біоцементації. Грунтові мікроорганізми утворюють одну з найпоширеніших мікробних екосистем на Землі (Mitchell & Santamarina, 2005; Coleman-Derr et al., 2016; Wu et al., 2006; Umar et al., 2016; Wang et al., 2020). Бактерії можуть вижити в середовищах з найрізноманітнішими показниками кислотності, солоності, температури та атмосферного тиску. Більшість видів бактерій виживають у місцях зі значеннями рН від 5 до 7, що характерно для ґрунтових вод і ґрунтів, близьких до поверхні, а значення рН знижується зі збільшенням концентрації іонів у ґрунті (Chapelle, 2000; Madigan, 2012).

Уреазопродукуючі бактерії в цілому можна розподілити на дві основні групи (залежно від реакції на певну концентрацію амонію) (Gat et al., 2014): бактерії, в яких висока концентрація амонію пригнічує активність уреазі з подальшим низьким біоцементуючим ефектом (напр., *Bacillus megaterium*), та бактерії, де активність уреазі при високій концентрації не зменшується, а навпаки, призводить до інтенсивного біоцементуючого ефекту (напр., *Sporosarcina pasteurii*, що раніше мала назву *Bacillus pasteurii*). Саме представники другої групи є найбільш доцільними для біоцементації за достатньої наявності концентрації сечовини, зменшуючи потенційне потрапляння сечовини до ґрунту та ґрунтових вод. Однак цей процес має і негативну тенденцію, оскільки призводить до викидів амонію (NH_4^+) у навколишнє середовище, що може супроводжуватися легким відтінком амонію в місцях використання (Al Qabany et al., 2012).

Біологічна безпека мікробних штамів, які використовуються при дослідженнях для розвитку промисловості, зокрема й біоцементації, зазвичай, класифікують на чотири групи ризику відповідно до Директиви Європейського Союзу (Директива 2000/54/ЄС):

RG1: мінімальний ризик захворювання людини;

RG2: може спричинити захворювання людини або групи людей, можлива локалізація та профілактика поширення;

RG3: може спричинити важкі захворювання людини та представляти велику небезпеку для працівників і суспільства, екології;

RG4: спричиняє тяжке захворювання людини, має високий ризик для суспільства та екології.

Біологічним агентом для МІОК може бути один штам селективно виділеної культури бактерій, що продукує уреазу (Іванов та Стабніков, 2017а, б), або природний штам (штами) бактерій з уреазною активністю (Burbank et al., 2011; Rajasekar et al., 2017). Основними критеріями відбору біоагента є його відносно висока активність уреазу (0,1—10 мМ гідролізованої сечовини/хв) у середовищі з рН в межах від 8,5 до 9,2 та концентрацією солей та сечовини не менше 1 М.

До групи RG1 (біологічно безпечні), зазвичай, можна віднести: *Sporosarcina pasterii* або *Sporosarcina aquimarina* (Bang et al., 2001; Bachmeier et al., 2002; Whiffin et al., 2007; Mortensen та DeJong, 2011; Stabnikov et al., 2013; Keykha et al., 2018); з роду *Bacillus* — *B. sphaericus* (нині *Lysinibacillus sphaericus*) (Hammes et al., 2003; De Muynck et al., 2008), *B. megaterium* (Bang et al., 2001; Dhami et al., 2014), *B. lentus* (Sarda et al., 2009), *B. pseudofirmus* (Jonkers et al., 2010), *B. subtilis* (Reddy et al., 2010), *B. mycoides* (Elmanama та Alhour, 2013) та *B. pumilus* (Daskalakis et al., 2015); поодинокі бактерії з роду *Acinetobacter* (Li et al., 2018).

До групи RG2 (умовно-патогенні), зазвичай, можна віднести: *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis* (Whiffin et al., 2007; Varalakshmi, 2014), *Helicobacter pylori* (Dosier, 2014), *Bacillus cereus* (Han et al., 2013; Maheswaran et al., 2014), *Staphylococcus aureus* та *Klebsiella pneumoniae* (Varalakshmi, 2014).

Саме тому перед початком будь-яких досліджень і випробувань необхідно провести ретельний відбір, який передбачає (Іванов, 2015):

- відбір уреазоактивного штаму з колонії в середовищі, яке планується використовувати для біоцементатації з додаванням 1—2% агару в чашках Петрі та індикатор рН фенол червоний;
- вибір на тому самому носії в чашках Петрі з вимірюванням активності ферменту уреазу в рідкій культуральній рідині;
- ПЛР-ампліфікація прямої та зворотної послідовностей гена 16S рРНК вибраного штаму за допомогою праймерів секвенування;
- секвенування та вирівнювання гена 16S рРНК вибраного штаму;
- депонування послідовності в базі даних NCBI GenBank;
- ідентифікація послідовності гена 16S рРНК з використанням результатів Blast для послідовності, депонованої у базі даних NCBI GenBank;
- пошук патогенності ідентифікованих видів у базі даних PubMed.

Зазвичай, у методах МІОК пропонується використовувати такі мікроорганізми, що відносяться до родів *Bacillus*, *Sporosarcina*, *Spolooactobacillus*, *Clostridium* та *Desulfotomaculum*, а також *Serratia* — бактерії, які були ізольовані з бразильських ґрунтів (Enriquez, 2017). Enriquez виявив, що *Serratia ureilytica* sp має вищі показники осадження CaCO₃ (кальцит) порівняно з *Sporosarcina pasterii* у піщаних ґрунтах за тих самих параметрів і умов (Whiffin, 2004). Morales та ін. (2015) досліджували біоцементатацію з низькою кількістю мікроорганізмів в розчині, що імітувало б природний рівень бактерій родини *Bacillaceae* у мулистоглинисто-піщаному ґрунті. Завдання дослідження — обмежити кількість утворюваного аміаку та його окислених форм, щоб мінімізувати потенційний вплив на навколишнє середовище та можливе розчинення осажденного карбонату кальцію внаслідок окислення аміаку. Результати дослідження показали низький рівень осад-

ження та меншу стійкість до стиснення порівняно з іншими дослідженнями щодо стабілізації ґрунтів. Автори дійшли висновку, що індукована біоцементация ґрунтів в такому разі не може забезпечити достатній рівень міцності.

У праці (Ivanov & Stabnikov, 2019) відзначаються навіть вищі значення рН — вище 8,5, при цьому мікроорганізми є галотолерантними (зростають при концентраціях кальцію та сечовини вище 1 М) грампозитивними видами бактерій з родів *Bacillus* та *Sporosarcina*. Штам *Sporosarcina pasteurii* ATCC11859 (DSMZ33, LMG 7130) є найпопулярнішим при цих дослідженнях (Whiffin et al., 2007, Achal et al., 2009). Для біоцементации використовуються й інші фізіологічно подібні види *Bacillus megaterium* (Dhami et al., 2014), *B. sphaericus* (Hammes et al., 2003), *B. pseudofirmus* (Jonkers et al., 2010), *B. subtilis* (Reddy et al., 2010), *Bacillus pumilus* (Daskalakis et al., 2015), *B. lentus* (Sarda et al., 2009) та деякі невідомі види мікроорганізмів. Штам грампозитивних бактерій, що продукують уреазу, *Staphylococcus succinus* був виділений з води Мертвого моря (34% солоності) (Stabnikov et al., 2013), проте штами *S. succinus* часто гемолітичні та токсигенні (Novakova et al., 2006, Zell et al., 2008), тому виділений штам не використовували для досліджень біоцементации. Уреаза-продукуючі бактерії можуть бути і умовно-патогенними мікроорганізмами, наприклад *Helicobacter pylori*, що може накопичуватися в шлунку людини та завдавати непоправної шкоди здоров'ю (Stabnikov et al., 2013).

Існує багато відомих патогенних видів, які також є галотолерантними та лужнофільними. Навіть вищезгаданий галофільний штам *Staphylococcus succinus*, виділений з води Мертвого моря (з солоністю близько 35%), має уреазну активність (Stabnikov et al., 2013). Штами *Staphylococcus succinus* можуть бути гемолітичними і токсичними (Zell et al., 2008) та асоціюватися з інфекційними захворюваннями (Novakova et al., 2006).

У дослідженні (Ivanov & Stabnikov, 2019) відзначається, що лужнофільні уреазопродукуючі бактерії штамів VS8, VS1, VS21 та VS17 складають 55%, 30%, 10% та 5% загальної кількості колоній відповідно. Основним штамом була *Yaniella* sp. / *Enteractinococcus* sp. Штам VS8 з клітинами, схожими на мікрококи, був із сімейства *Micrococcaceae*. Це важливо для промислових процесів, оскільки *Yaniella* належать до першої групи ризику і в базі даних PubMed не було виявлено інформації про патогенність цього мікроорганізму.

Другий штам VS1 — *Bacillus* sp., використовувався в лабораторних дослідженнях для дослідження біоцементации (Stabnikov et al., 2011), а третій уреазопродукуючий штам VS17 був представником роду *Staphylococcus*. Третій уреазопродукуючий штам VS17 був доволі близьким до *Staphylococcus* sp. R-25657 (ідентичність 100%) та *Staphylococcus* sp. ZWS13 (ідентичність 99%). Штам VS21 близький до штаму *Bacillus thuringiensis* serovar *kurstaki* HD1 (ідентичність 99%). Штам *Bacillus thuringiensis* serovar *kurstaki* HD1 знайшов своє застосування як екологічно чистий пестицид. Тому на практиці необхідно використовувати біологічно безпечні штами для унеможливлення непередбачуваних наслідків.

У праці (Ivanov & Stabnikov, 2019) зазначається, що одним зі способів забезпечення біобезпеки при використанні уреазопродукуючих штамів є використа-

ння неочищеної бактеріальної уреазі при зменшенні активності бактеріальних клітин для утворення центрів кристалізації кальцію. Саме тому було проведено дослідження, у якому пропонується використовувати таку схему при біоцементуванні:

- провести обробку досліджуваного зразка розчином сечовини та кальцію карбонату;
- провести обробку поверхні культурою *Yaniella* sp. VS8;
- провести обробку 0,5% розчином додецилсульфатом натрію (для інактивації культури).
- при дотриманні такої послідовності дій було виявлено, що уреазна активність інактивованих бактерій не зменшувалась і залишалась на прийнятому рівні. Тому такий підхід до використання культур з інактивацією дає надію на вирішення питання біологічної безпеки при біоцементуванні.

МІОК як потенційний спосіб поглинання вуглекислого газу. Degens та ін. (2000), Nannipieri та співавт. (2003), Millo та ін. (2012) та Murugan та ін. (2014) у своїх дослідженнях при вивченні ролі ґрунтових мікробіологічних спільнот для підтримки функцій ґрунтових екосистем, запропонували технологію біоцементзації за допомогою уреазопродукуючих бактерій як потенційний спосіб поглинання вуглекислого газу. Ця модель передбачає, що при МІОК відбувається захоплення та накопичення вуглецю шляхом використання розчинного CO_2 як джерела вуглецю при біоцементзації. Автори підсумували нещодавнє дослідження, де стверджувалося, що види МІОК з лужним метаболізмом можуть відігравати активну роль у секвестрації CO_2 на довготривалу перспективу.

Водночас (Castanier та ін., 1999) детально описали реакції, що призводять до осадження карбонатів при збільшенні значення рН та карбонатної лужності. (Diprutz та ін., 2009 а, б) називають це «лужним двигуном» унаслідок накопичення HCO_3^- та CO_2 — через зменшення розчиненого CO_2 . Але (Warten та ін., 2001) вважають, що випадання карбонату кальцію може впливати на біогеохімічні цикли з потенційним впливом на концентрацію CO_2 в атмосфері з подальшим забрудненням водоносних горизонтів.

Необхідні параметри контролю МІОК при біоцементзації. У більшості опублікованих статей йдеться саме про покращення міцності «ґрунтів». Однак результати відображають застосування біоцементзації лише до піску або піщаного ґрунту, без перспектив застосування у залізобетонних та/або бетонних конструкціях. Аналіз піску, піщаного ґрунту та гранулометричний стабілізований ґрунт продемонстрував, що очікуваний ефект МІОК був дуже різноманітний залежно від матриці, що використовується, (розподілу розміру частинок).

Застосування методик повинно гарантувати надійні результати оцінки геотехнічних інженерних властивостей щодо оброблюваних поверхонь (проникність, пористість, жорсткість, міцність на зсув, без обмежень міцності при навантаженнях, параметри надійної процедури цементзації ґрунту та інших матеріалів) (Machado et al., 2009).

Необхідні параметри контролю: проникність води (гідравлічна провідність). У праці (Caputo, 1999) проникність ґрунту визначається як кількість води, яка проходить в порах між частинками з різною швидкістю за певний проміжок

часу. Оцінка швидкості проходження води є актуальною, оскільки вміст води в будь-якій ґрунтовій зоні пов'язаний зі взаємозв'язками між натягом ґрунту і тиском, що залежить від підвищеної кількості води, яка проникає (Franca et al, 2009; Rufino et al, 2011).

Коефіцієнт проникності (кількість води, що проходить) доцільно використовувати для пористих середовищ і досліджуваних зразків, що залежить від температури та пористості, оскільки висока температура знижує в'язкість води, збільшує перколяцію і, відповідно, збільшує швидкість проникнення в ґрунти (Caputo, 1999; Franca et al, 2009; Rufino et al, 2011). Доволі часто саме цей фактор, зазвичай, ігнорується в публікаціях щодо дослідження біоцементациї, тому що не вказується температура лабораторного або навколишнього середовища, де відбувається дослідження, що може призвести до невірної тлумачення результатів або результати взагалі можуть бути спотвореними.

Висновки

На основі проведення аналізу літературних джерел можна відзначити, що мікробно індуковане осадження кальцію (МІОК) має значний потенціал з точки зору будівельної біотехнології, адже біоцемент має ряд переваг і вирішує цілу низку екологічних проблем. Для досягнення цієї мети пропонується використовувати уреапродукуючі мікроорганізми, а також ацидогенні, галофільні, лужнофільні та денітрифікуючі мікроорганізми.

Література

- Achal, V., Kawasaki, S. (2016). Biogrout: A novel binding material for soil improvement & concrete repair. *Front. Microbiol.* 7:314. DOI.org/10.3389/fmicb.2016.00314.
- Achal, V., Mukherjee, A., Basu, P. C., Reddy, M. S. (2009). Lactose mother liquor as an alternative nutrient source for microbial concrete production by *Sporosarcina pasteurii*. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 36(3), 433—438. DOI: 10.1007/s10295-008-0514-7.
- Achal, V., Mukherjee, A., Kumari, D., Zhang, Q. (2015). Biomineralization for sustainable construction — A review of processes & applications. *Earth-Science Reviews*, 148, 1—17. doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.05.008.
- Achal, V., Pan, X. (2011). Characterization of urease & carbonic anhydrase producing bacteria & their role in calcite precipitation. *Current Microbiology*. 62(3), 894—902. DOI: 10.1007/s00284-010-9801-4.
- Al-Thawadi SM (2013). Consolidation of sand particles by aggregates of calcite nanoparticles synthesized by ureolytic bacteria under non-sterile conditions. *Journal of Chemical Science & Technology*, 2, 141—146.
- Al Qabany, A., Soga, K., Santamarina, C. (2012). Factors affecting efficiency of microbially induced calcite precipitation. *Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering*, 138(8), 992—1001.
- Bachmeier, K. L., Williams, A. E., Warmington, J. R., Bang, S. S. (2002). Urease activity in microbiologically-induced calcite precipitation. *Journal of Biotechnology*, 93, 171—181. DOI: 10.1016/s0168-1656(01)00393-5.
- Baltazar, L., Santana, J., Lopes, B., Rodrigues, M. P., Correia, J. R. (2014). Surface skin protection of concrete with silicate-based impregnations: influence of the substrate roughness & moisture. *Construction & Building Materials*, 70, 191—200.
- Bang, S. S., Galinat, J. K., Ramakrishnan, V. (2001). Calcite precipitation induced by polyurethane-immobilized *Bacillus pasteurii*. *Enzyme & Microbial Technology*, 28, 404—409. DOI: 10.1016/s0141-0229(00)00348-3.

- Banks, E. D., Taylor, N. M., Gulley, J., Lubbers, B. R., Giarrizzo, J. G., Bullen, H. A., et al. (2010). Bacterial calcium carbonate precipitation in cave environments: a function of calcium homeostasis. *Geomicrobiology Journal*, 27(5), 444—454. DOI.org/10.1080/01490450903485136.
- Bessler, K. E., Rodrigues, L. C. (2008). Os polimorfos de carbonato de calcio: uma síntese fácil de aragonita. *Química Nova*, 31(1), 178—180. DOI.org/10.1590/S0100-40422008000100032.
- Bibi, S., Oualha, M., Ashfaq, M. Y., Suleiman, M. T., Zouari, N. (2018). Isolation, differentiation & biodiversity of ureolytic bacteria of Qatari soil & their potential in microbially induced calcite precipitation (MICP) for soil stabilization. *RSC Adv*, 8(11), DOI.org/10.1039/C7RA12758H.
- Burbank, M. B., Weaver, T. J., Williams, B. C., Crawford, R. L. (2012). Urease activity of ureolytic bacteria isolated from six soils in which calcite was precipitated by indigenous bacteria. *Geomicrobiology Journal*, 29, 389—395.
- Burbank, M. B., Weaver, T. J., Green, T. L., Williams, B. C., Crawford, R. L. (2011). Precipitation of calcite by indigenous microorganisms to strengthen liquefiable soil. *Geomicrobiology Journal*, 28, 301—312. DOI.org/10.1080/01490451.2010.499929.
- Cacchio, P., Ercole, C., Ca uccio, G., Lepidi, A. (2003). Calcium carbonate precipitation by bacterial strains isolated from a limestone cave & from a loamy soil. *Geomicrobiology Journal*, 20(2), 85—98. DOI.org/10.1080/01490450303883.
- Caputo, M. (1999). Diffusion of fluids in porous media with memory. *Geothermics*, 28(1), 113—130.
- Castanier, S., Le Metayer-Levrel, G., Perthuisot, J. P. (1999). Ca-carbonates precipitation & limestone genesis — the microbiogeologist point of view. *Sedimentary Geology*, 126, 9—23. DOI.org/10.1016/S0037-0738(99)00028-7.
- Castro, M. J., Lopez, C. E., Narayanasamy, R., Marszalek, J. E., Luevanos Escareno, M. P., Fajardo, G. J., Balagurusamy, N. (2016) Potential of enzymes (urease & carbonic anhydrase). *Chimica Oggi — Chemistry Today*, 34(4).
- Chapelle, F. H. (2000). Ground-water microbiology & geochemistry. *John Wiley & Sons*, 468.
- Cheng, L., Cord-Ruwisch, R. (2012). In situ soil cementation with ureolytic bacteria by surface percolation. *Ecological Engineering*, 42, 64—72. DOI.org/10.1016/j.ecoleng.2012.01.013.
- Coleman-Derr, D., Desgarennnes, D., Fonseca-Garcia, C., Gross, S., Clingenpeel, S., Woyke, T., et al. (2016) Plant compartment & biogeography affect microbiome composition in cultivated & native Agave species. *New Phytologist*, 209(2), 798—811. DOI: 10.1111/nph.13697.
- Czarnecki, L., Woyciechowski, P. (2013). Prediction of the reinforced concrete structure durability under the risk of carbonation & chloride aggression. *The Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, 61, 173—181.
- Dai, J., Akira, Y., Wittmann, F. H., Yokota, H., Zhang, P. (2010). Water repellent surface impregnation for extension of service life of reinforced concrete structures in marine environments: the role of crack. *Cement & Concrete Composites*, 32, 101—109.
- Daskalakis, M. I., Rigas, F., Bakolas, A., Magoulas, A., Kotoulas, G., Katsikis, I., et al. (2015). Vaterite bio-precipitation induced by *Bacillus pumilus* isolated from a solutional cave in Paiania, Athens, Greece. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 99, 73—84. DOI.org/10.1016/j.ibiod.2014.12.005.
- Degens, B. P., Schi er, L. A., Sparling, G. P., Vojvodic-Vukovic, M. (2000). Decreases in organic C reserves in soils can reduce the catabolic diversity of soil microbial communities. *Soil Biology & Biochemistry*, 32(2), 189—196. DOI.org/10.1016/S0038-0717(99)00141-8.
- DeJong, J. T., Mortensen, B. M., Martinez, B. C., Nelson, D. C. (2010). Bio-mediated soil improvement. *Ecological Engineering*, 36(2), 197—210. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2008.12.029.
- DeJong, J. T., Soga, K., Banwart, S. A., Whalley, W. R., Ginn, T. R., Nelson, D. C., et al. (2011). Soil engineering *in vivo*: harnessing natural biogeochemical systems for sustainable, multi-functional engineering solutions. *Journal of The Royal Society Interface*, 8(54), 1—15. DOI:10.1098/rsif.2010.0270.

DeJong, J. T., Soga, K., Kavazanjian, E., Burns, S., Van Paassen, L. A., Al Qabany, A., et al. (2013). Biogeochemical processes & geotechnical applications: progress, opportunities & challenges. *Geotechnique*, 63(4), 287—301.

De Muynck, W., Cox, K., Verstraete, W., De Belie, N. (2008). Bacterial carbonate precipitation as an alternative surface treatment for concrete. *Construction & Building Materials*, 22, 875—885. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2006.12.011.

De Muynck, W., Leuridan, S., Van Loo, D., Verbeken, K., Cnudde, V., De Belie, N., et al. (2011). Influence of pore structure on the effectiveness of a biogenic carbonate surface treatment for limestone conservation, *Applied & Environmental Microbiology Journal*, 77, 6808—6820.

De Muynck, W., Cox, K., De Belie, N., Verstraete, W. (2008). Bacterial carbonate precipitation as an alternative surface treatment, *Construction & Building Materials*, 22, 875—885.

De Muynck, W., Debrouwer, D., De Belie, N., Verstraete, W. (2008). Bacterial carbonate precipitation improves the durability of cementitious materials. *Cement & Concrete Research*, 38, 1005—1014.

De Muynck, W., De Belie, N., Verstraete, W. (2010). Microbial carbonate precipitation in construction materials: A review. *Ecological engineering*, 36, 118—136.

Dhami, N. K., Sudhakara, R. M., Abhijit, M. (2013). Biomineralization of calcium carbonates & their engineered applications: a review. *Frontiers in Microbiology*, 4(314), 1—13. DOI: 10.3389/fmicb.2013.00314.

Dhami, N. K., Reddy, M. S., Mukherjee, A. (2014). Application of calcifying bacteria for remediation of stones & cultural heritages. *Frontiers in Microbiology*. DOI 10.3389/fmicb.2014.00304.

Dhami, N. K., Mukherjee, A., Reddy, M. S. (2016). Applicability of bacterial biocementation in sustainable construction materials. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 11(5), 795—802. DOI:10.1002/apj.2014.

Directive 2000/54/EC of the European Parliament & of the Council of 18 September 2000 on the protection of workers from risks related to exposure to biological agents at work.

Donnelly, F. C., Purcell-Milton, F., Framont, V., Cleary, O., Dunne, P. W., Gun'ko, Y. K. (2017). Synthesis of CaCO₃ nano- & micro-particles by dry ice carbonation. *Chemical Communications*, 53(49), 6657—6660. DOI:10.1039/C7CC01420A.

Dosier, G. K. (2014). Methods for making construction material using enzyme producing bacteria. Patent US 8728365 B2.

Dupraz, S., Parmentier, M., Menez, B., Guyot, F. (2009a). Experimental & numerical modeling of bacterially induced pH increase & calcite precipitation in saline aquifers. *Chemical Geology*, 265(1—2), 44—53. DOI:10.1016/j.chemgeo.2009.05.003.

Dupraz, S., Menez, B., Gouze, P., Leprovost, R., Benezeth, P., Pokrovsky, O. S., Guyot, F. (2009b). Experimental approach of CO₂ biomineralization in deep saline aquifers. *Chemical Geology*, 265(1—2), 54—62. DOI:10.1016/j.chemgeo.2008.12.012.

Elmanama, A. A., Alhour, M. T. (2013). Isolation, characterization & application of calcite producing bacteria from urea rich soils. *International journal of advanced science & engineering*, 3, 388—399.

Fernández, M. S., Montt, B., Ortiz, L., Neira-Carrillo, A., Arias, J. L. (2018). Effect of carbonic anhydrase immobilized on eggshell membranes on calcium carbonate crystallization *in vitro*. In Biomineralization pp. 31—37. Springer, Singapore.

Ferrara, L., Pattarini, A. (2016). Siloxanes in concrete: from manual application of water-proofing treatments to mix-design addition for concrete hydrophobicity. Proceedings CONSEC 2016, in: 8th International Conference on Concrete under Severe Conditions — Environment & loading, M. Colombo & M. di Prisco (Eds.) Lecco, Italy, 263—268.

Ferrara, L., Van Mullem, T., Alonso, M. C., Antonaci, P., Borg, R. P., Cuenca, E., Jefferson, A., Ng, P. L., Peled, A., Roig-Flores, M., Sanchez, M., Serna, P., Snoeck, D., Tulliani, J. M., De Belie N. (2018). Experimental characterization of the self-healing capacity of cement based materials & its effects on the material performance: a state of the art report by COST Action SARCOS WG2, *Construction & Building Materials*, 167, 115—142.

- Frankel, R. B., Bazylinski, D. A. (2003). Biologically induced mineralization by bacteria. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 54(1), 95—114. DOI:10.2113/0540095.
- Fukue, M., Sato, Y., Yamashita, M., Yanai, M., & Fujimori, Y. (2003). Change in micro-structure of soils due to natural mineralization. *A lied Clay Science*, 23(1—4), pp. 169—177. DOI:10.1016/s0169-1317(03)00100-5.
- Gadd, G. M., Pan, X. (2016). Biomineralization, bioremediation & biorecovery of toxic metals & radionuclides. *Geomicrobiology Journal*, 33, 175—178.
- Gao, Y., Hang, L., He, J., Chu, J., 2019. Mechanical behavior of biocemented s&s at various treatment levels & relative densities. *Acta Geotechnica*, 14(3), 697—707.
- Gat, D., Tsesarsky, M., Shamir, D., Ronen, Z. (2014). Accelerated microbial-induced CaCO₃ precipitation in a defined coculture of ureolytic & non-ureolytic bacteria. *Biogeosciences*, 11(10). DOI:10.5194/BG-11-2561-2014.
- Gurbuz, A., Sari, Y. D., Yuksekdog, Z. N. (2015). Bacteria-induced cementation in s&y soils. *Geomicrobiology Journal*, 32, 853—859.
- Han, J., Lian, B., Ling, H. (2013). Induction of calcium carbonate by *Bacillus cereus*. *Geomicrobiology Journal* 30, 682—689. DOI:10.1080/01490451.2012.758194.
- Hammes, F., Verstraete, W. (2002). Key roles of pH & calcium metabolism in microbial carbonate precipitation. *Reviews in Environmental Science & Biotechnology*, 1(1), 3—7. DOI:10.1023/A:1015135629155.
- Hammes, F., Boon, N., de Villiers, J., Verstraete, W., Siciliano, S. D. (2003). Strain-Specific ureolytic microbial calcium carbonate precipitation. *A lied & Environmental Microbiology*, 69(8), 4901—4909. DOI: 10.1128/AEM.69.8.4901-4909.2003.
- He, J., Gao, Y., Gu, Z., Chu, J., Wang, L. (2020). Characterization of crude bacterial urease for CaCO₃ precipitation & cementation of silty s&. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(5). DOI:10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003100.
- Hokkanen, H. M., Lynch, J. M. (2003). Biological control: benefits & risks, vol. 4. *Cambridge University Press*.
- Huseien, G. F., Mirza, J., Ismail, M., Ghoshal, S. K., Hussein, A. A. (2017). Geopolymer mortars as sustainable repair material: a comprehensive review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 80, 54—74.
- Ibrahim, M., Al-Gahtani, A. S., Maslehuddin, M., Dakhil, F. H. (1999). Use of surface treatment materials to improve concrete durability. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 11, 36—40.
- Ivanov, V. (2010). *Environmental Microbiology for Engineers*. CRC Press.
- Ivanov, V., Chu, J. (2008). A lications of microorganisms to geotechnical engineering for bioclogging & biocementation of soil *in situ*. *Reviews in Environmental Science & Biotec- hnology*, 7(2), 139—153.
- Ivanov, V., Stabnikov, V. (2017). Springer Science+Business Media 2017; *Construction Bio- technology (Biogeochemistry, Microbiology & Biotechnology of Construction Materials & Pro- cesses)*.
- Ivanov, V., Chu, J., Stabnikov, V. (2014). Iron- & calcium-based biogrouts for porous soils. *Construction Materials*, 167, 36—41.
- Ivanov, V., Chu, J., Stabnikov, V., He, J., Naeimi, M. (2010). Iron-based bio-grout for soil improvement & l& reclamation. Second International Conference on Sustainable Construction Materials & Technologies, Ancona.
- Ivanov, V., Kuang, S., Stabnikov, V. (2009). The removal of phosphorus from reject water of municipal wastewater treatment plant using iron ore. *Journal of Chemical Technology & Bio- technology*, 84, 78—82.
- Jaji, A. Z., Zakaria, Z. A. B., Mahmud, R., Loqman, M. Y., Hezmee, M. N. M., Abba, Y., et al. (2017). Safety assessments of subcutaneous doses of aragonite calcium carbonate nano- crystals in rats. *Journal of Nanoparticle Research*, 19(5).

- Jiang, L., Xue, X., Zhang, W., Yang, J., Zhang, H., Li, Y., Zhang, R., Zhang, Z., Xu, L., Qu, J., Song, J., Qin, J. (2015). The investigation of factors affecting the water impermeability of inorganic sodium silicate-based concrete sealers. *Construction & Building Materials*, 93, 729—736.
- Jonkers, H. M., Thijssen, A., Muyzer, G., Copuroglu, O., Schlangen, E. (2010). A lication of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete. *Ecological Engineering*, 36, 230—235.
- Keykha, H. A., Afshin, A., Bujang, B. K. H., Kawasaki, S. (2018). Microbial induced calcite precipitation by *Sporosarcina pasteurii* & *Sporosarcina aquimarina*. *Environmental Geotechnics*, DOI.org/10.1680/jenge.16.00009.
- Kim, H. J., Eom, H. J., Park, C., et al. (2016). Calcium carbonate precipitation by *Bacillus* & *Sporosarcina* strains isolated from concrete & analysis of the bacterial community of concrete. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 26(3), 540—548. DOI.org/10.4014/jmb.1511.11008.
- Kubiak, K. J., Wilson, M. C. T., Mathia, T. G., Carval, P. (2011). Wettability versus roughness of engineering surfaces. *Wear*, 271, 523—528.
- LaRosa Thompson, J., Silsbee, M. R., Gill, M. R., Scheetz, B. E. (1997). Characterization of silicate sealers on concrete. *Cement & Concrete Composites*, 27, 1561—1567.
- Le Metayer-Levrel, G., Castanier, S., Orial, G., Loubiere, J. F., Perthuisot, J. P. (1999). A lications of bacterial carbonatogenesis to the protection & regeneration of limestones in buildings & historic patrimony. *Sedimentary Geology*, 126, 25—34.
- Li, M., Cheng, X., Guo, H. (2013). Heavy metal removal by biomineralization of urease producing bacteria isolated from soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 76, 81—85.
- Lowenstam, H. A., Weiner, S. (1989). On Biomineralization. *Oxford University Press on Dem &.*
- Li, M., Fang, C., Kawasaki, S., Huang, M., Achal, V. (2018). Bioconsolidation of cracks in masonry cement mortars by *Acinetobacter* sp. SC4 isolated from a karst cave. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 141, 94—100. DOI.org/10.1016/j.ibiod.2018.03.008.
- Lukovic, M., Ye, G. (2015). Effect of moisture exchange on interface formation in the repair system studied by X-Ray Absorption, Materials (9), DOI.org/10.3390/ma9010002.
- Maheswaran, S., Dasuru, S. S., Murthy, A. R. C., Bhuvaneshwari, B., Kumar, V. R., Palani, G. S., et al. (2014) Strength improvement studies using new type wild strain *Bacillus cereus* on cement mortar. *Current Science*, 106, 50—57.
- McConnaughey, T. A., Whelan, J. F. (1997). Calcification generates protons for nutrient & bicarbonate uptake. *Earth-Science Reviews*, 42(1—2), 95—117.
- Medeiros, M. H. F., Helene, P. (2009). Surface treatment of reinforced concrete in marine environment: Influence of chloride diffusion coefficient & capillary water absorption. *Construction & Building Materials*, 23, 1476—1484.
- Millo, C., Dupraz, S., Ader, M., Guyot, F., Thaler, C., Foy, E., Menez, B. (2012). Carbon isotope fractionation during calcium carbonate precipitation induced by ureolytic bacteria. *Geochem. Cosmochim. Acta*, 98, 107—124.
- Mitchell, J. K., Santamarina, J. C. (2005). Biological considerations in geotechnical engineering. *Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering*, 131(10), 1222—1233.
- Mortensen, B., DeJong, J. (2011). Strength & stiffness of MICP treated s& subjected to various stress paths. In: Han, J., Alzamora, D. A. (Eds.), ASCE Geo-Frontiers, 211. *Geotechnical Special Publication*, 4012—4020.
- Morales, L., Romero, E., Jommi, C., Garzon, E., Gimenez, A. (2015). Feasibility of a soft biological improvement of natural soils used in compacted linear earth construction. *Acta Geotech*, 10(1), 157—171.
- Mujah, D., Shahin, M. A., Cheng, L. (2017). State-of-the-art review of biocementation by microbially induced calcite precipitation (MICP) for soil stabilization. *Geomicrobiology Journal*, 34(6), 524—537.

- Murugan, R., Loges, R., Taube, F., Sradnick, A., Joergensen, R. G. (2014). Changes in soil microbial biomass & residual indices as ecological indicators of land use change in temperate permanent grassland. *Microb. Ecol.*, 67(4), 907—918.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M., L&i, L., Pietramellara, G., Renella, G. (2003). Microbial diversity & soil functions. *European Journal of Soil Science*, 54(4), 655—670.
- Narwaria, R. S., Tiwari, A. (2016). Development of cracks in concrete, preventive measures & treatment methods: a review. *Journal of Engineering & Technology*, 3, 671—677.
- Onofrei, M., Gary, M. N., Keil, L. D., Pusch, R. (1989). Studies of cement grouts & grouting techniques for sealing a nuclear fuel waste disposal vault. *Materials Research Society*, 137, 349—358.
- Ozen, I., Sims, S. (2015). Vital importance of moisture level in all stages of processing from calcium carbonate coating through polyethylene/calcium carbonate compounding to film generation. *Powder Technol.*, 270, 320—328.
- Pacheco-Torgal, F., Abdollahnejad, Z., Miraldo, S., Baklouti, S., Ding, Y. (2012). An overview on the potential of geopolymers for concrete infrastructure rehabilitation. *Construction & Building Materials*, 36, 1053—1058.
- Pan, X., Shi, C., Jia, L., Zhang, J., Wu, L. (2015). Effect of inorganic surface treatment on air permeability of cement-based materials. *Journal of Materials in Civil Engineering*.
- Pan, X., Shi, Z., Shi, C., Ling, T. C., Li, N. (2017). A review on surface treatment Part I: Types & mechanisms. *Construction & Building Materials*, 132, 578—590.
- Parghi, A., Alam, M. S. (2016). Effects of curing regimes on the mechanical properties & durability of polymer-modified mortars — an experimental investigation. *Journal of Cement-Based Materials*, 5, 324—347.
- Phillips, A. J., Gerlach, R., Lauchnor, E., Mitchell, A. C., Cunningham, A. B., Spangler, L. (2013). Engineered applications of ureolytic biomineralization: a review. *Biofouling*, 29(6), 715—733.
- Piekarska, K., Piorkowska, E., Bojda, J. (2017). The influence of matrix crystallinity, filler grain size & modification on properties of PLA/calcium carbonate composites. *Polym. Test*, 62, 203—209.
- Reddy, S., Rao, M., Aparna, P., Sasikala, C. (2010). Performance of standard grade bacterial (*Bacillus subtilis*) concrete. *Asian Journal of Civil Engineering (Building & Housing)*, 11, 43—55. DOI.org/10.1007/s40030-017-0227-x.
- Rodriguez-Navarro, C., Suzuki, A., Ruiz-Agudo, E. (2013). Alcohol dispersions of calcium hydroxide nanoparticles for stone conservation. *Langmuir*, 29, 11457—11470.
- Rodriguez-Navarro, C., Rodriguez-Gallego, M., Ben, K., Gonzalez-Munoz, M. T. (2003). Conservation of ornamental stone by *Myxococcus xanthus*-induced carbonate biomineralization. *Applied & Environmental Microbiology Journal*, 69, 2182—2193.
- Ronholm, J., Schumann, D., Sapers, H. M., Izawa, M., Alin, D., Berg, B., et al. (2014). A mineralogical characterization of biogenic calcium carbonates precipitated by heterotrophic bacteria isolated from cryophilic polar regions. *Geobiology*, 12(6), 542—556.
- Rufino, R. D., Rodrigues, G. I. B., Campos-Takaki, G. M., Sarubbo, L. A., Ferreira, S. R. M. (2011). Application of a yeast biosurfactant in the removal of heavy metals & hydrophobic contaminant in a soil used as slurry barrier. *Applied & Environmental Soil Science*.
- Rusznay, A., Akob, D. M., Nietzsche, S., Eusterhues, K., Totsche, K. U., Neu, T. R., et al. (2012). Calcite biomineralization by bacterial isolates from the recently discovered pristine karstic Herrenberg cave. *Applied & Environmental Microbiology Journal*, 78(4), 1157—1167.
- Sarda, D., Choonia, H. S., Sarode, D. D., Lele, S. S. (2009). Biocalcification by *Bacillus pasteurii* urease: a novel application. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 36, 1111—1115.
- Sharma, A., Ramkrishnan, R. (2016). Study on effect of microbial induced calcite precipitates on strength of fine-grained soils. *Perspectives on Science*, 8, 198—202.
- Somma, K., Jaturapitakkul, C., Kajitvichyanukul, P., Chindaprasirt, P. (2011). NaOH-Activated ground fly ash geopolymer cured at ambient temperature.

Sotoudehfar, A. R., Sadeghi, M. M., Mokhtari, E., Shafiei, F. (2016). Assessment of the parameters influencing microbial calcite precipitation in injection experiments using Taguchi methodology. *Geomicrobiology Journal*, 33, 163—72.

Stabnikov, V., Chu, J., Ivanov, V. (2013). Halotolerant, alkaliphilic urease-producing bacteria from different climate zones & their a lication for biocementation of s&. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 29, 1453—1460. DOI.org/10.1007/s11274-013-1309-1.

Stabnikov, V., Chu, J., Naeimi, M., Ivanov, V. (2011). Formation of water-impermeable crust on s& surface using biocement. *Cement & Concrete Research*, 41, 1143—1149. DOI.org/10.1016/j.cemconres.2011.06.017.

Stabnikov, V., Chu, J., Myo, A. N., Ivanov, V. (2013). Immobilization of s& dust & associated pollutants using bioaggregation. *Water Air Soil Pollut*, 224, 1631—1700. DOI.org/10.1007/s11270-013-1631-0.

Stabnikov, V., Chu, J., Ivanov, V., Li, Y. (2013). Halotolerant, alkaliphilic urease-producing bacteria from different climate zones & their a lication for biocementation of s&. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 29(8), 1453—1460. DOI.org/10.1007/s11274-013-1309-1.

Stepkowska, E. T., Perez-Rodríguez, J. L., Sayagues, M. J., Martinez-Blanes, J. M. (2003). Calcite, vaterite & aragonite forming on cement hydration from liquid & gaseous phase. *J. Therm. Anal. Calorim*, 73(1), 247—269.

Stocks-Fischer, S., Galinat, J. K., Bang, S. S. (1999). Microbiological precipitation of CaCO₃. *Soil Biology & Biochemistry*, 31(11), 1563—1571.

Umar, M., Kassim, K. A., Chiet, K. T. P. (2016). Biological process of soil improvement in civil engineering: a review. *Journal of Rock Mechanics & Geotechnical Engineering*, 8(5), 767—774.

Valencia, Y. (2009). Influencia da biomineralizacao nas propriedades físico-mecanicas de um perfil de solo tropical afetado por processos erosivos. Doctoral dissertation, PhD Thesis. Universidad de Brasilia, Brasilia, Brasil.

Valencia, Y., Camapum, J., Torres, F. A. (2014). Influence of biomineralization on the physico-mechanical profile of a tropical soil affected by erosive processes. *Soil Biology & Biochemistry*, 74, 98—99.

Van Hees, R. P. J., Lubelli, B., Niil& T., Bernardi, A. (2014). Compatibility & performance criteria for nano-lime consolidants, in: Proceeding of 9th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Ankara.

Van Paassen, L. A. (2009). Biogrout, Ground Improvement by Microbial Induced Carbonate Precipitation, Ph.D. thesis. Delft University of Technology, Delft, The Netherl&s.

Van Paassen, L. A., Daza, C. M., Staal, M., Sorokin, D. Y., van der Zon, W., van Loosdrecht, M. C. (2010). Potential soil reinforcement by biological denitrification. *Ecological engineering*, 36(2), 168—175.

Varalakshmi, A. D. (2014). Isolation & characterization of urease utilizing bacteria to produce biocement. *IOSR-JESTFT* 8, 52—57.

Wang, J., Cagatay, Y., Boon, N., De Belie, N. (2016). A lication of microorganisms in concrete: a promising sustainable strategy to improve concrete durability, *A lied Microbiology & Biotechnology*, 100, 2993—3007.

Wang, Y., Wang, H., Cheng, H., Chang, F., Wan, Y., She, X. (2020). Niche differentiation in the rhizosphere & endosphere fungal microbiome of wild Paris polyphylla Sm. *PeerJ*, 8.

Warren, L. A., Maurice, P. A., Parmar, N., Ferris, F. G. (2001). Microbially mediated calcium carbonate precipitation: implications for interpreting calcite precipitation & for solid-phase capture of inorganic contaminants. *Geomicrobiology Journal*, 18(1), 93—115.

Wei, S., Cui, H., Jiang, Z., Liu, H., He, H., Fang, N. (2015). Biomineralization processes of calcite induced by bacteria isolated from marine sediments. *Braz. J. Microbiol*, 46(2), 455—464.

Whiffin, V. S. (2004). Microbial CaCO₃ precipitation for the production of biocement. Doctoral dissertation. Murdoch University.

Whiffin, V. S., Van Paassen, L. A., Harkes, M. P. (2007). Microbial carbonate precipitation as a soil improvement technique. *Geomicrobiology Journal*, 24(5), 417—423.

Wojciechowski, L., Kubiak, K. J., Mathia, T. G. (2016). Roughness & wettability of surfaces in boundary lubricated scuffing wear. *Tribology International*, 93, 593—601.

Wright, D. T., Oren, A. (2005). Nonphotosynthetic bacteria & the formation of carbonates & evaporites through time. *Geomicrobiology Journal*, 22 (1—2), 27—53.

Wu, J. R., Han, S. F., Zhu, Y. Y., Lu, M., Wang, G. P., Guo, W. L. (2006). Study on taxonomy of endophytic fungi isolated from orchid mycorrhizae in Yunnan province. *J. Southw. For. Coll*, 26(3), 5—10.

Xue, X., Li, Y., Yang, Z., He, Z., Dai, J. G., Xu, L., Zhang, W. (2017). A systematic investigation of the waterproofing performance & chloride resistance of self-developed water-borne silane-based hydrophobic agent for mortar & concrete. *Construction & Building Materials*, 155, 939—946.

Yang, X., Xu, G., Chen, Y., Wang, F., Mao, H., Sui, W., et al. (2009). CaCO₃ crystallization control by poly (ethylene oxide) poly (propylene oxide) poly (ethylene oxide) triblock copolymer & O — (hydroxy isopropyl) chitosan. *J. Cryst. Growth*, 311(21), 4558—4569.

Zhang, Q., Ren, L., Sheng, Y., Ji, Y., Fu, J. (2010). Control of morphologies & polymorphs of CaCO₃ via multi-additives system. *Materials Chemistry & Physics*, 122(1), 156—163.

Zhu, T., Dittrich, M. (2016). Carbonate precipitation through microbial activities in natural environment, & their potential in biotechnology: a review. *Frontiers in Bioengineering & Biotechnology*, 4, 4.

ANTIBIOTIC RESISTANCE OF MICROORGANISMS ASSOCIATED WITH WOUND SURFACES

O. Iungin

Kyiv National University of Technologies and Design

V. Potochilova, K. Rudnieva

Kyiv Regional Clinical Hospital

O. Moshynets

Institute of Molecular Biology and Genetics NAS of Ukraine

Key words:

*Antibiotic resistance
Wound surfaces
Infections
Treatment strategies
Monitoring*

Article history:

Received 04.08.2021
Received in revised form
13.08.2021
Accepted 25.08.2021

Corresponding author:

O. Iungin

E-mail:

olgaungin@gmail.com

ABSTRACT

Skin and soft tissue infections are mainly caused by the so called ESKAPE pathogens (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Enterobacter* species). Microorganisms isolated from wound surfaces show frequently increased resistance to the antibiotics of choice, which complicates the treatment process. Monitoring of antibiotic resistance of isolates from wounds allows to assess the future prospects for antibiotic therapy and the current situation in the hospitals. At the same time, the search for promising antibiotics and antimicrobial substances for new treatment strategies and overcoming antibiotic resistance of microorganisms is continued.

The aim of the study was to detect bacteria associated with wound surfaces of patients from Kyiv Regional Clinical Hospital (Kyiv) for the period of April 2019 — April 2020, and check their resistance to the most commonly used antibiotics. Isolation, identification and antibiotic resistance estimation were performed according to generally accepted methods and in accordance with international recommendations of EUCAST.

As a result of the research, 1540 isolates were analyzed. The most part of isolates from wound surfaces were presented by *Staphylococcus epidermidis* and *S. aureus*. Among the gram-negative microflora *Enterobacteriaceae* was dominated and presented by *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* and others. The isolates were mostly resistant to fosfomycins, penicillins, β -lactam inhibitors and monobactams. At the same time, they were highly sensitive to the last line antibiotics — teicoplanin, vancomycin and linezolid. The obtained data are important according to the assessment of antibiotic resistance development in hospitals in Ukraine and the prospects of developing new strategies for the treatment of antibiotic-resistant infections.

СТІЙКІСТЬ ДО АНТИБІОТИКІВ МІКРООРГАНІЗМІВ, АСОЦІЙОВАНИХ З РАНОВИМИ ПОВЕРХНЯМИ

О. С. Юнгін

Київський національний університет технологій та дизайну

В. В. Поточилова, К. Л. Руднева

Комунальне неприбуткове підприємство «Київська обласна клінічна лікарня»

О. В. Мошинець

Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

Інфекції шкіри та м'яких тканин в основному викликаються так званими збудниками ESKAPE (Enterococcus faecium, Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa та Enterobacter). Усе частіше мікроорганізми, виділені з ранових поверхонь, демонструють підвищення стійкості до антибіотиків вибору, що ускладнює процес лікування. Моніторинг профілей антибіотикорезистентності, виділених з ран ізолятів, дає змогу оцінити перспективи розвитку антибіотикотерапії в майбутньому та ситуації в лікарні загалом. Водночас триває пошук перспективних антибіотиків та антимікробних речовин для формування нових стратегій лікування і подолання проблеми антибіотикорезистентності мікроорганізмів.

У статті описано бактерії, представлені в ранових поверхнях пацієнтів Комунального неприбуткового підприємства «Київська обласна клінічна лікарня» (м. Київ) за період квітень 2019 р. — квітень 2020 р., і профіль їх стійкості до найпоширеніших антибіотиків, що використовуються в терапії. Виділення ізолятів, визначення їх видової приналежності та профілей стійкості до антибіотиків проводили за загальноприйнятими методиками і відповідно до міжнародних рекомендацій EUCAST.

У результаті досліджень виділено та проаналізовано 1540 ізолятів. Найбільшу частку виділених ізолятів з ранових поверхонь складала епідермальний і золотистий стафілококи. Серед грам-негативної флори переважали представники родини Enterobacteriaceae (Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli та інші). Найбільше виділені мікроорганізми проявляли стійкість до фосфоміцинів, пеніцилінів, β-лактамних інгібіторів і монобактамів. Водночас залишалася високою чутливість до антибіотиків резерву — тейкопланіну, ванкоміцину та лінезоліду. Отримані дані є важливими з огляду оцінки поширення антибіотикорезистентності в лікарнях України та перспектив розробки нових стратегій лікування антибіотикорезистентних інфекцій.

Ключові слова: антибіотикорезистентність, ранові поверхні, інфекції, стратегії лікування, моніторинг.

Постановка проблеми. Підбір оптимальних антимікробних компонентів для застосування в терапії опортуністичних інфекцій є вирішальним завданням при створенні препаратів комбінованої дії для лікування ранових поверхонь. Колонізація ранових поверхонь мікроорганізмами відбувається майже одразу після пошкодження епітелію (Tsiouris & Tsiouri, 2017) і може призвести як до

локалізованої інфекції, так і до системної інфекції, сепсису, поліорганної дисфункції та подальшого розвитку стану, що загрожує життю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найчастіше ранові поверхні колонізують мікроорганізми різних видів (Ibberson et al., 2017), що ще більше ускладнює лікування. Інфекція в рані затримує загоєння, подовжує час перебування в лікарні, збільшує травматизм, створює ризик для дезартикуляції та ампутації, підвищує потребу в медичній допомозі та збільшує витрати на лікування (Nussbaum et al., 2018).

Визначення збудника інфекції може ускладнюватися формуванням біоплівки не на поверхні, а глибоко в тканині рани, тому одним із найкращих способів лікування є очищення (санація) рани та використання місцевих протимікробних засобів (Pfalzgraff, Brandenburg & Weindl, 2018). Антибіотикорезистентність основних збудників інфекційних захворювань є однією з проблем сучасної медицини. Авторами статті досліджено бактеріальний профіль інфікованих ран різної етіології та оцінено чутливість до антибіотиків виділених бактеріальних ізолятів на базі Комунального неприбуткового підприємства «Київська обласна клінічна лікарня» (м. Київ) за період квітень 2019 — квітень 2020.

Мета дослідження: виявити види бактерій, представлені в ранах, і профіль їх стійкості до найпоширеніших антибіотиків, що використовуються в терапії.

Матеріали і методи. Вміст ран відбирали шприцем або тампоном до початку антимікробної терапії. Надалі з матеріалу виділяли мікроорганізми та визначали чутливість до антибіотиків з використанням ряду поживних середовищ — МПА (Biolife), Мюллера-Хінтона (HiMedia), Ендо, агар Сабуро, кров'яний агар, елективний сольовий агар (Biolife). Ідентифікацію мікроорганізмів здійснювали з використанням мікробіологічного аналізатора VITEK 2 compact 15 (Франція).

Чутливість виділених штамів визначали за допомогою диск-дифузійного методу, методу мінімальних інгібуючих концентрацій відповідно до міжнародних рекомендацій EUCAST (The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing). Середовище розливали в стерильні чашки Петрі та наносили бактеріальну суспензію щільності еквівалентної стандарту мутності 0,5 за McFarland. Чутливість до антибіотиків визначали диск-дифузійним методом (Jonasson, Matuschek & Kahlmeter, 2020). Після інкубації чашок у термостаті при температурі 37°C протягом 18—24 год враховували результати шляхом вимірювання діаметра зони навколо диска в міліметрах. Використовували диски з антибіотиками виробництва: HiMedia (Індія), OXOID (США), Becton Dickinson (BD) (Ірландія).

Для контролю якості визначення чутливості до антибіотиків застосовували референтні штами колекції типових культур *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* ATCC 25922.

Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням програми та електронних таблиць MS Excel 2007. Аналіз антибіотикорезистентності виділених мікроорганізмів проводили за допомогою комп'ютерної програми WHONET 5.6. Імовірність відмінностей кількісних результатів визначали за допомогою *t*-критерію надійності Стюдента та стандартних відхилень ($M \pm m$).

Викладення основних результатів дослідження. Було виділено та проаналізовано 1540 штамів збудників інфекцій, виділених з гнійних ран. Встановлено, що найпоширенішими інфекційними агентами є представники родів *Staphylococcus*, *Klebsiella*, *Enterococcus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*. У меншій кількості були представлені бактерії родів *Acinetobacter* та *Streptococcus*, а також дріжджі роду *Candida*. В результаті досліджень з'ясовано, що в інфекційний процес ранових поверхонь були залучені грамнегативні мікроорганізми родини *Enterobacteriaceae*: *Enterobacter aerogenes* та *Enterobacter cloacae*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*. Кількісний розподіл ізолятів вказаних видів представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Кількісний розподіл ізолятів мікроорганізмів родини *Enterobacteriaceae*, асоційованих з рановими поверхнями

№	Вид мікроорганізму	Кількість ізолятів
1	<i>Enterobacter aerogenes</i>	14
2	<i>Enterobacter cloacae</i>	13
3	<i>Proteus mirabilis</i>	24
4	<i>Escherichia coli</i>	50
5	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	63

Хоча деякі дослідження показали, що порівняно з грамнегативною мікробіотою грампозитивні бактерії є менш поширеними (Kassam, Damian, Kajeguka, Nyombi & Kibiki, 2017), однак вирішальне значення має сайт виділення та тип рани. Так, серед грампозитивної мікробіоти, асоційованої з рановими поверхнями, найчисленнішими були представники родин *Staphylococcaceae* та *Enterococcaceae*. Серед цієї групи найбільшу кількість становили представники виду *Staphylococcus epidermidis* — 220 та *Staphylococcus aureus* — 136 ізолятів відповідно. Крім вказаних видів, також було виділено й інші види цього роду, але в значно меншій кількості. Кількісний розподіл представників роду *Staphylococcus*, що асоційовані з рановими поверхнями, представлений у табл. 2.

Таблиця 2. Кількісний розподіл представників роду *Staphylococcus*, що асоційовані з рановими поверхнями

№	Вид мікроорганізму	Кількість ізолятів
1	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	220
2	<i>Staphylococcus aureus</i>	136
3	<i>Staphylococcus capitis</i>	1
4	<i>Staphylococcus caprae</i>	1
5	<i>Staphylococcus delphini</i>	6
6	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	4
7	<i>Staphylococcus hyicus</i>	1
8	<i>Staphylococcus intermedius</i>	1
9	<i>Staphylococcus lugdunensis</i>	2
10	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	1
11	<i>Staphylococcus sciuri</i>	1
12	<i>Staphylococcus warneri</i>	2

Відомо, що представники роду *Staphylococcus* переважають у випадках ран, отриманих внаслідок травм (40%), та післяопераційних сайтах (~20%), тоді як *Enterococcus* sp. більше асоційовані з хронічними ранами типу діабетичної стопи (~36%) (Kassam, Damian, Kajeguka, Nyombi & Kibiki, 2017).

Велику занепокоєність серед клініцистів викликають ізоляти *Enterococcus* spp., стійкі до ванкоміцину, зокрема штамів *Enterococcus faecium* (Remschmidt et al. 2018). Проте за даними 2018 р. в Україні не виявлено жодного ванкоміцин-резистентного штаму *Enterococcus faecalis* (Березняков, 2020). У нашому дослідженні було ізольовано три види роду *Enterococcus*: *Enterococcus avium* — 2, *Enterococcus faecalis* — 20 та *Enterococcus faecium* — 64 ізолятів відповідно.

Відомо, що представники роду *Enterococcus*, особливо *Enterococcus faecium*, застосовуються в харчовій промисловості як пробіотики, а також мають перспективи використання проти мультирезистентних патогенів завдяки своїй здатності синтезувати бактеріюцини (Araújo & Ferreira, 2013). Водночас наявність факторів вірулентності і генів резистентності до антибіотиків не дозволяють вважати представників роду *Enterococcus* повністю безпечними та надати їм статус GRAS — загальноновизнаними безпечними мікроорганізмами (Hanchi, Mottawea, Sebei & Hammami, 2018). Дискусії щодо доцільності та безпечності використання ентерококів у харчовій промисловості досі тривають.

У дослідженні (Alharbi et al., 2019) поширення мікроорганізмів, що відносяться до групи ESBL (розширений спектр β-лактамаз), була показана важливість сайту виділення штаму. Так, ізоляти *E.coli*, виділені з ран, проявляли ознаки ESBL, а з харчових продуктів (сире молоко) — ні. Підкреслюється важливість постійного моніторингу цього типу резистентності, оскільки *E.coli* залишається найчастішою причиною інфекцій кровотоку, а карбапенем-резистентні ентеробактерії швидко поширюються як у позалікарняних умовах, так і в стаціонарах (Березняков, 2020). За досліджуваній період на базі Комунального неприбуткового підприємства «Київська обласна клінічна лікарня» (м. Київ) було виділено 9 ізолятів, що відносили до ESBL, що є тривожним сигналом розвитку антибіотикорезистентності.

Дослідження профілів резистентності ізолятів, виділених на території не лише окремих країн, а й окремих лікарень, є вкрай важливими. Результати таких досліджень можуть бути використані для вибору антибіотикотерапії інфекцій пацієнтів місцевих лікарень (Torumkuney, Bratus, Yuvko, Pertseva & Morrissey, 2020) або для з'ясування причини виникнення резистентності. Численні дослідження показали, що більшість ізолятів з інфікованих ран стійкі до ампіциліну та амоксициліну. Велика кількість *S. aureus* є метицилінрезистентними (MRSA). Повідомляється, що більшість виділених з ран бактерій є чутливими до хінолонів, аміноглікозидів і монобактамів (Negut, Grumezescu & Grumezescu, 2018). У нашому дослідженні спостерігали схожу тенденцію: зі 190 ізолятів 50,5% визначали як резистентні (R) до амоксициліну та 49,7% — до ампіциліну. Зі 346 ізолятів 71,1% були чутливі (S) до хінолонів (левофлоксацин, офлоксацин), 74,8% — до аміноглікозидів (тобраміцин, амікацин). Однак з 252 ізолятів чутливими до монобактамів (азтреонам) було лише 39,7%, в той час коли резистентність проявляли 47,2% (табл. 3).

Таблиця 3. Розподіл кількості бактеріальних ізолятів за стійкістю до антибіотиків

Антибіотик	Клас	Кількість ізолятів	Кількість резистентних (R), %	Кількість чутливих (S), %
Амоксицилін	Пеніциліни	190	50,5	42,1
Ампіцилін	Пеніциліни	181	49,7	17,1
Кліндаміцин	Лінкозаміди	344	24,1	72,1
Левофлоксацин	Хінолони	346	25,7	71,1
Рифампіцин	Анзаміцин	319	12,5	85,6
Тобраміцин	Аміноглікозиди	353	22,9	74,8
Колістин	Ліпопептиди	192	12,5	87,5
Лінезолід	Оксазолідінони	546	8,4	91,2
Тейкопланін	Глікопептиди	222	2,7	92,3
Амікацин	Аміноглікозиди	262	23,7	68,7
Еритроміцин	Макроліди	215	36,3	46,0
Пеніцилін G	Пеніциліни	288	49,7	20,5
Цефокситім	Цефалоспорины	298	41,3	58,7
Ампіцилін/ Сульбактам	β-лактамі інгібітори	548	44,9	49,8
Азтреонам	Монобактами	252	47,2	39,7
Меропенем	Карбапенеми	379	40,9	44,9
Триметоприм и сульфаметоксазол	Інгібітори фолатного шляху	255	34,2	61,8
Ванкоміцин	Глікопептиди	518	3,3	96,7
Цефтазидим/ Авибактам	β-лактамі інгібітори	246	39,4	56,1
Ципрофлоксацин	Хінолони	412	29,9	62,6
Фосфоміцин	Фосфоміцини	105	76,2	15,2

Як видно з отриманих даних, кількість ізолятів, резистентних до вказаних антибіотиків, наближається до 50%, що свідчить про розвиток резистентності патогенів до антибіотиків вибору. Високу кількість чутливих ізолятів виявляли до тейкопланіну (92,3%), ванкоміцину (96,7%) та лінезоліду (91,2%). Тож ці три антибіотики все ще можуть бути успішно застосовані у випадках, коли альтернативного лікування немає.

Висновки

Дані, отримані під час дослідження, важливі з огляду оцінки поширення патогенів і рівнів їх резистентності на території України та розробки дієвих протоколів лікування інфекцій.

Література

- Березняков, І. Г. (2020). Стан антибіотикорезистентності в Україні: результати дослідження АУРА. *Здоров'я України*, 5, 21—23.
- Alharbi, N. S., Khaled, J. M., Kadaikunnan, S., Alobaidi, A. S., Sharafaddin, A. H., Alyahya, S. A., ... & Shehu, M. R. (2019). Prevalence of *Escherichia coli* strains resistance to antibiotics in wound infections and raw milk. *Saudi journal of biological sciences*, 26(7), 1557—1562.
- Araújo, T. F., & Ferreira, C. L. D. L. F. (2013). The genus *Enterococcus* as probiotic: safety concerns. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(3), 457—466.

- Bjarnsholt, T., McBain, A. J., James, G. A., Stoodley, P., Leaper, D., ... & Malone, M., Wolcott, R. D. (2017). The prevalence of biofilms in chronic wounds: a systematic review and meta-analysis of published data. *Journal of Wound Care*, 26(1), 20—25.
- Cepas, V., López, Y., Muñoz, E., Rolo, D., Ardanuy, C., Martí, S., ... & Soto, S. M. (2019). Relationship between biofilm formation and antimicrobial resistance in gram-negative bacteria. *Microbial Drug Resistance*, 25(1), 72—79.
- Hanchi, H., Mottawea, W., Sebei, K., & Hammami, R. (2018). The genus *Enterococcus*: between probiotic potential and safety concerns—an update. *Frontiers in microbiology*, 9, 1791.
- Ibberson, C. B., Stacy, A., Fleming, D., Dees, J. L., Rumbaugh, K., Gilmore, M. S., & Whiteley, M. (2017). Co-infecting microorganisms dramatically alter pathogen gene essentiality during polymicrobial infection. *Nature microbiology*, 2(8), 1—6.
- Jonasson, E., Matuschek, E., & Kahlmeter, G. (2020). The EUCAST rapid disc diffusion method for antimicrobial susceptibility testing directly from positive blood culture bottles. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 75(4), 968—978.
- Kassam, N. A., Damian, D. J., Kajeguka, D., Nyombi, B., & Kibiki, G. S. (2017). Spectrum and antibiogram of bacteria isolated from patients presenting with infected wounds in a Tertiary Hospital, northern Tanzania. *BMC research notes*, 10(1), 1—6.
- Negut, I., Grumezescu, V., & Grumezescu, A. M. (2018). Treatment strategies for infected wounds. *Molecules*, 23(9), 2392.
- Nussbaum, S. R., Carter, M. J., Fife, C. E., DaVanzo, J., Haught, R., Nusgart, M., & Cartwright, D. (2018). An economic evaluation of the impact, cost, and medicare policy implications of chronic nonhealing wounds. *Value in Health*, 21(1), 27—32.
- Patel, R. (2005). Biofilms and antimicrobial resistance. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 437, 41—47.
- Pfalzgraff, A., Brandenburg, K., & Weindl, G. (2018). Antimicrobial peptides and their therapeutic potential for bacterial skin infections and wounds. *Frontiers in pharmacology*, 9, 281.
- Remschmidt, C., Schröder, C., Behnke, M., Gastmeier, P., Geffers, C., & Kramer, T. S. (2018). Continuous increase of vancomycin resistance in enterococci causing nosocomial infections in Germany—10 years of surveillance. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 7(1), 1—7.
- Torumkunev, D., Bratus, E., Yuvko, O., Pertseva, T., & Morrissey, I. (2020). Results from the Survey of Antibiotic Resistance (SOAR) 2016-17 in Ukraine: data based on CLSI, EUCAST (dose-specific) and pharmacokinetic/pharmacodynamic (PK/PD) breakpoints. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 75(Supplement_1), i100—i111.
- Tsiouris, C. G., & Tsiouri, M. G. (2017). Human microflora, probiotics and wound healing. *Wound Medicine*, 19, 33—38.

CLEARING AS TYPE OF PROFESSIONAL ACTIVITY

O. Pietukhova, S. Esh

National University of Food Technologies

Key words:

Clearing
Clearing activities
Professional activity
Clearing establishment
Clearing signs

Article history:

Received 07.07.2021
Received in revised form
19.07.2021
Accepted 12.08.2021

Corresponding author:

O. Pietukhova

E-mail:

ompetukhova@ukr.net

ABSTRACT

The article highlights the essence and content of clearing as a type of professional activity in modern capital markets of Ukraine. Clearing as a type of professional activity is accompanied by the execution of transactions in securities and financial instruments, the preparation of information and documents necessary for settlements, as well as the creation of a system of guarantees for the fulfillment of obligations. In the scientific works of European scientists, the category of “clearing activities” is not used at all, however, the term “clearing services” is used. This is due to the fact that in these countries clearing is not an independent activity and its functions are performed by depositories or banks or specially created settlement centers — clearing houses. The main functions of clearing are accounting for registered transactions and ensuring their implementation; preparation, registration and transfer of information on agreements; offsetting mutual obligations and payments of participants in stock transactions, their guarantee; conducting cash settlements; ensuring the implementation of the agreement in accordance with the principle of “supply against payment”. The reasons for the emergence and development of clearing activities in Ukraine have been established. The definition of clearing and clearing activity is generalized, the sectors of clearing settlements are characterized. Peculiarities and characteristic features of the existing clearing activity are determined. The essence of a clearing institution as a professional participant of capital markets is substantiated. It is proved that clearing settlements reflect the specifics of the relationship between the Settlement Center, the NBU, clearing institutions, the Central Depository of Ukraine; between sellers and buyers of financial instruments; features of commercial risk that arises when concluding agreements; creditworthiness of buyers and solvency and reliability of suppliers; terms of payment; market conditions; risks associated with transfers of funds, etc. The main tasks of modern domestic clearing institutions operating in the stock markets are identified.

КЛІРИНГ ЯК ВИД ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

О. М. Пстухова, С. М. Еш

Національний університет харчових технологій

У статті висвітлено сутність і зміст клірингу як виду професійної діяльності на сучасних ринках капіталу України. Кліринг як вид професійної діяльності супроводжується виконанням правочинів щодо цінних паперів і фінансових інструментів, підготовкою інформації та документів, необхідних для проведення розрахунків, а також створення системи гарантій з виконання зобов'язань. У наукових працях учених європейських країн категорія «клірингова діяльність» взагалі не використовується, однак вживається термін «клірингові послуги» (clearing services). Це зумовлено тим, що в цих країнах кліринг не є самостійним видом діяльності і його функції здійснюють депозитарії або банки чи спеціально створені розрахункові центри — клірингові палати. Основними функціями клірингу є облік зареєстрованих угод і забезпечення їх реалізації; підготовка, реєстрація і передача інформації про угоди; залік взаємних зобов'язань і платежів учасників фондових угод, їх гарантійне забезпечення; проведення грошових розрахунків; забезпечення виконання угоди з дотриманням принципу «поставка проти оплати».

Встановлено причини появи та розвитку клірингової діяльності в Україні. Узагальнено визначення клірингу та клірингової діяльності, охарактеризовано сектори клірингових розрахунків. Визначено особливості та характерні ознаки наявної клірингової діяльності. Обґрунтовано сутність клірингової установи як професійного учасника ринків капіталу. Доведено, що клірингові розрахунки відображають специфіку взаємовідносин між Розрахунковим центром, НБУ, кліринговими установами, Центральним депозитарієм України; між продавцями і покупцями фінансових інструментів; особливості комерційного ризику, який виникає при укладенні угод; кредитоспроможність покупців і платоспроможність та надійність постачальників; умови платежу; ринкову кон'юнктуру; ризику, пов'язані із переказами коштів тощо. Визначено основні завдання сучасних вітчизняних клірингових установ, які працюють на фондових ринках.

Ключові слова: кліринг, клірингова діяльність, професійна діяльність, клірингова установа, ознаки клірингу.

Постановка проблеми. Стабільність і надійність проведених операцій на біржових ринках забезпечує кліринг, який є гарантом виконання зобов'язань. Під час укладення угод контрагенти мають певні цілі, які можуть бути протилежними за змістом, за інтересами. Щоб досягти узгодженості в договірних відносинах, суб'єкти економічної діяльності використовують спеціальні технології та інструменти. Саме кліринг є сучасною технологією, яка забезпечує виконання контрагентами біржової діяльності своїх зобов'язань і формує ефективну систему обліку біржових інструментів. Важливе значення при цьому набуває проблема з'ясування сутності клірингу сучасних ринків капіталу та

характерних ознак клірингової діяльності, від вирішення якої буде залежати і подальша діяльність операторів організованого біржового ринку. Основні принципи організації клірингових відносин відображені в Женевській конвенції 1930—1931 рр., членом якої є Україна, а також у звідах постанов і рекомендацій Міжнародної торговельної палати: Уніфікованих правилах та звичаях для документарних акредитивів, Уніфікованих правилах з інкасування торговельних документів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кліринг як вид професійної діяльності біржового ринку мало досліджений в економічній літературі, висвітлюється епізодично, зазвичай такі дослідження присвячені технологічним і юридичним аспектам. Водночас окремі аспекти досліджуваної проблеми знаходять відображення в працях вітчизняних науковців:

- вивчаються питання правового регулювання клірингової діяльності (Вавженчук, 2014);
- визначається місце клірингу в господарській діяльності (Єршова, 2017);
- обґрунтовується правовий статус клірингової діяльності як професійного учасника депозитарної системи України (Кологойда, 2015);
- проводиться порівняльна характеристика клірингової діяльності з іншими видами професійної діяльності (Мельник, 2016);
- досліджуються розрахунково-клірингові системи (Панова, 2018);
- висвітлюються проблеми податкового обслуговування клірингових операцій (Белкін, 2012).

Процеси, пов'язані з розвитком клірингової діяльності на організованих біржових ринках, нині проходять перевірку практикою, результати впровадження клірингу забезпечують додаткові можливості для подальшого глибокого дослідження клірингових операцій і послуг, що необхідно для розвитку вітчизняного ринку капіталів.

Метою статті є дослідження сутності та характерних ознак клірингу і клірингової діяльності як виду професійної діяльності на ринках капіталу; визначення основних завдань клірингових установ як професійних учасників фондового ринку та розроблення пропозицій щодо удосконалення професіоналізму в діяльності клірингових установ.

Матеріали і методи. В основу дослідження покладено широкий спектр загальнонаукових і спеціальних методів. Загальнонаукові методи: (аналіз, синтез, індукція і дедукція) слугували базисом для виявлення причин появи та розвитку клірингової діяльності. Для визначення дефініцій клірингу і клірингової діяльності використано методи групування та порівняння; для виявлення характерних особливостей формування секторів клірингових розрахунків — деталізація й узагальнення. Системний і структурний методи використано при визначенні основних ознак клірингової діяльності, а методи наукового абстрагування застосовано в процесі формування завдань сучасних вітчизняних клірингових установ, які працюють на фондових ринках.

Викладення основних результатів дослідження. Поняття «кліринг» (від англ. clearing — очищати, вносити ясність) було введено в обіг в середині

XVIII ст. у Великій Британії. Клірингом називали порядок розрахунків, основою яких був залік взаємних грошових вимог (зобов'язань). Місцем, де на постійній основі збиралися торговці, щоб обміняти свої платіжні доручення (чеки), була Лондонська розрахункова палата, яка вперше формує кліринг як окрему послугу (Борисов & Шамраев, 2003). Згодом кліринг почали застосовувати і на фондовому ринку — Клірингова палата лондонської продукції запропонувала свої послуги Лондонській фондовій біржі, яка почала вперше використовувати принцип поставки проти платежу (ППП), що використовується на фондових біржах і донині. Сутність PPP визначається тим, що поставка активів (цінних паперів, валюти, золота — на фондових біржах і металу, нафти, сільськогосподарської продукції тощо — на товарних) відбувається відразу після відповідного переказу коштів або припинення зобов'язань за результатами нетінгу.

Кожна країна має свою власну систему клірингу, яка залежить від історичних факторів, економічного розвитку, інфраструктури біржового ринку, принципів розрахунків тощо. Причини появи та розвитку клірингової діяльності в Україні, на нашу думку, такі:

- поява перших бірж і цінних паперів. Першими біржами, які виконували операції і з біржовими товарами, і з фінансовими інструментами були товарні. Саме на товарних біржах вперше почали використовувати систему взаємозаліку «поставка проти оплати», яка забезпечила вступ нашої країни до міжнародних регулюючих організацій FESCO, IOSCO, а згодом і до Групи 30;

- перехід до нової системи організації грошових потоків в економіці, використання платіжних систем у розрахунках. Нині переважна частина платежів іноземних банків за експортні товари і послуги надходить до уповноваженого банку через телеграфні, поштові, електронні доручення по системі SWIFT, яка створена для здійснення клірингових операцій через систему всесвітніх міжбанківських телекомунікацій. З використанням SWIFT здійснюються клірингові розрахунки переказами, цінними паперами, фінансовими інструментами;

- формування законодавчої бази. Прийняття Законів України «Про цінні папери та фондову біржу», «Про підприємства в Україні», «Про власність» та інших заклало підґрунтя створення законодавчої бази, на їх основі було прийнято низку інших законодавчих актів, що дало змогу господарюючим суб'єктам самостійно формувати свою власність (перевага надавалась акціонерній), самостійно розпоряджатися своїми доходами, визначати форми розрахунків;

- утворення технічної бази, яка обслуговує біржовий ринок. Сучасна технічна база надає можливість кліринговим установам використовувати Інтернет-технології, які сприяють інтеграції вітчизняного біржового ринку в міжнародний простір;

- формування інфраструктури біржового ринку, основним елементом якої був і залишається інституційний, що забезпечило появу і розвиток небанківських інститутів: депозитаріїв, бірж, торгово-інформаційних систем, клірингових установ тощо.

Нині клірингова діяльність є важливим сегментом вітчизняних ринків капіталу та організованих товарних ринків і має свою правову базу. Узагальнення визначення клірингу та клірингової діяльності представлено в таблиці.

Таблиця. Визначення клірингу та клірингової діяльності

Джерело визначення	Зміст категорій «кліринг» і «клірингова діяльність»
Положення про клірингову діяльність, 2013	Професійна діяльність на фондовому ринку — клірингова діяльність реалізується особами, що здійснюють кліринг, із дотриманням вимог закону, положення про клірингову діяльність і внутрішніх документів цих осіб.
Закон України «Про депозитарну систему України», 2012	Кліринг — визначення взаємних зобов'язань за правочинами щодо цінних паперів та інших фінансових інструментів, у тому числі шляхом нетінгу. (Нетінг — повне або часткове припинення зобов'язань за правочинами щодо цінних паперів та інших фінансових інструментів шляхом заліку зобов'язань або в інший спосіб).
Закон України «Про платіжні системи та переказ коштів в Україні», 2001	Кліринг — механізм, що включає збирання, сортування, реконсиляцію та проведення взаємозаліку зустрічних вимог учасників платіжної системи, а також обчислення за кожним із них сумарного сальдо за визначений період часу між загальними обсягами вимог і зобов'язань.
Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спрощення залучення інвестицій та запровадження нових фінансових інструментів», 2020	Кліринг — процес визначення зобов'язань, у тому числі шляхом нетінгу, за деривативними контрактами та правочинами щодо інших фінансових інструментів, валютних цінностей, за товарними операціями, що супроводжується забезпеченням функціонування системи управління ризиками та гарантій з виконання таких зобов'язань. Клірингова діяльність — професійна діяльність на ринках капіталу, яка включає клірингову діяльність з визначення зобов'язань і клірингову діяльність центрального контрагента.

Джерело: узагальнено авторами

Із визначень, наведених у законодавчих актах, випливає, що кліринг розглядається як процес, механізм, а клірингова діяльність забезпечує спрямування цих процесів у дію з метою здійснення розрахунків між учасниками клірингу, забезпечення гарантій виконання зобов'язань.

Крім трактування категорії «кліринг» у законодавчих актах, що представлені в таблиці, в економічній літературі та у фінансових довідниках кліринг визначається як:

а) система безготівкових розрахунків за товари, цінні папери, послуги, що базується на обліку банками взаємних вимог і зобов'язань сторін (Белкін, 2012);

б) одержання, звірення і поточне відновлення інформації, підготовка бухгалтерських та облікових документів, необхідних для виконання угод за цінними паперами, визначення взаємних зобов'язань, що передбачає взаємозалік, забезпечення і гарантування розрахунків за договорами з цінними паперами (Вавженчук & Бондаренко, 2014);

в) система компенсації (Єршова, 2017);

г) міжнародна торгівля на компенсаційній основі (Панова, 2018).

Отже, клірингові розрахунки охоплюють кілька секторів.

Перший сектор — кліринг для юридичних осіб, що не є кредитними організаціями. Його застосування дає змогу господарським структурам вирішувати проблему дефіциту оборотних коштів.

Другий сектор — кліринг для бюджетів різних рівнів, включаючи їхнє казначейське виконання. Ця система перетворює взаємозаліки і бартер у грошові розрахунки.

Третій сектор — міжбанківський кліринг.

Четвертий сектор — кліринг для професійних учасників ринків капіталу.

Особами, які провадять клірингову діяльність на біржовому ринку, є клірингові установи, оператори організованого ринку (у тому числі товарні біржі), Розрахунковий центр з обслуговування договорів на фінансових ринках (далі Розрахунковий центр), Центральний депозитарій цінних паперів та Національний банк України (НБУ). (Положення про клірингову діяльність, 2013).

Клірингові установи є акціонерними товариствами, які здійснюють свою діяльність на основі ліцензії на провадження клірингової діяльності. Після отримання ліцензії протягом трьох місяців клірингова установа для провадження своєї діяльності зобов'язана укласти три договори:

1) про проведення розрахунків у цінних паперах за результатами клірингу з Центральним депозитарієм цінних паперів або НБУ;

2) про проведення грошових розрахунків за результатами клірингу з Розрахунковим центром;

3) про надання клірингових послуг із щонайменше однією фондовою біржею.

Клірингова діяльність на ринках капіталу відноситься до професійної, яка тлумачиться як діяльність акціонерних товариств, товариств з обмеженою відповідальністю або товариств з додатковою відповідальністю з надання фінансових та інших послуг на ринках капіталу під час здійснення будь-якого виду діяльності, віднесеної до професійної. Ринки капіталу — це фондовий ринок, ринок деривативних фінансових інструментів та грошовий ринок (Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спрощення залучення інвестицій та запровадження нових фінансових інструментів, 2020).

Клірингові установи як професійні учасники фондового ринку здійснюють свою діяльність з метою організаційно-технічного обслуговування операцій з цінними паперами: депозитарної, розрахунково-клірингової, реєстраторської, консультаційної, інформаційної та інших операцій.

Клірингова діяльність як професійна діяльність на ринках капіталу включає:

а) клірингову діяльність з визначення зобов'язань — здійснення клірингу, розрахунків у системі клірингового обліку та підготовка документів (інформації) для проведення розрахунків і їх направлення відповідним установам, що проводять розрахунки;

б) клірингову діяльність центрального контрагента — здійснення клірингу, розрахунків у системі клірингового обліку, а також набуття взаємних прав та обов'язків сторін при укладанні:

- деривативних контрактів;

- правочинів щодо фінансових інструментів та інших активів, допущених до торгів на організованих ринках (у тому числі продукції).

У результаті набуття прав та обов'язків клірингова установа стає стороною кожного деривативного контракту або покупцем для кожного продавця і про-

давцем для кожного покупця. Особа, яка провадить таку діяльність, є центральним контрагентом.

На нашу думку, основними завданнями сучасних вітчизняних клірингових установ, які працюють на фондових ринках, є:

- прискорення та оптимізація розрахунків між біржами, банками та державами;
- забезпечення достовірності та надійності розрахунків;
- розвиток і втілення нових форм клірингових розрахунків (векселів, кредитних карток);
- раціональне використання тимчасово вільних ресурсів, що є у розпорядженні бірж, банків, Розрахункового центру;
- втілення сучасних міжнародних технологій, стандартів, які використовуються при укладенні угод;
- створення сучасної клірингової інфраструктури як елемента інфраструктури фондового ринку;
- прийом і передача даних по каналах зв'язку з використанням програмних засобів криптозахисту (електронний підпис), способів шифрування даних, надійного багаторівневого захисту даних від несанкціонованого доступу та фальсифікації під час обробки інформації;
- контроль за достовірністю даних на всіх етапах передачі інформації, яка стосується клірингу;

- проведення комплексу заходів, спрямованих на зниження ризиків невиконання або несвоєчасного виконання допущених до клірингу зобов'язань. Вирішення визначених завдань допоможе вітчизняному фондовому ринку стати повноправним членом світового ринку капіталів.

Основними ознаками клірингової діяльності, що забезпечує професіоналізм клірингових установ, на нашу думку, є:

- наявність державного регулювання, яке здійснюється НКЦПФР і НБУ;
- вартісний характер клірингових послуг і допоміжних операцій, що проводжують ці послуги;
- визначення конкретних учасників, які є професійними особами, — це клірингові установи, оператори організованого ринку (у тому числі товарні біржі), Розрахунковий центр, Центральний депозитарій цінних паперів та НБУ;
- наявність професійних вимог до здійснення клірингових операцій. Клірингову діяльність мають право здійснювати лише суб'єкти ринків капіталу, які отримали дозвіл (ліцензії) НКЦПФР;
- наявність змісту клірингової діяльності, яка супроводжується процесами надання послуг з визначення зобов'язань, з підготовки документів для проведення розрахунків за угодами, створення системи гарантій виконання зобов'язань за правочинами щодо фінансових інструментів тощо;
- сферою здійснення є ринки капіталу.

Висновки

Підтверджено, що клірингова діяльність включає значну кількість операцій: інвестиційних, кредитних, торговельних і неторговельних, що здійснюють професійні учасники ринків капіталу, діяльність яких спрямована на розвиток економіки країни, вітчизняного фондового ринку, а також забезпечує вихід українських ринків капіталу на світові ринки.

Доведено, що клірингові розрахунки відображають специфіку взаємовідносин між Розрахунковим центром, НБУ, кліринговими установами, Центральним депозитарієм України; між продавцями і покупцями фінансових інструментів; особливості комерційного ризику, який виникає при укладенні угод; кредитоспроможність покупців і платоспроможність та надійність постачальників; види біржової продукції та типи фінансових інструментів, їх цінність, умови платежу; ринкову кон'юнктуру, вигідну для покупців і продавців; ризики, пов'язані з переказами коштів із однієї країни в іншу; митні обмеження тощо.

Основна частина клірингових розрахунків здійснюється в безготівковій формі з використанням банківських переказів, акредитивів, чеків, розрахункових платіжних карток, взаємозалікових векселів, а також за допомогою облігацій, валюти, валютних цінностей, електронних засобів платежу. Клірингові операції обслуговують платежі за грошовими переказами і зобов'язаннями, які пов'язані з комерційними операціями, що здійснюються між корпораціями, організаціями та іншими суб'єктами клірингової діяльності різних держав.

Усі види клірингу: банківський, валютний, внутрішній, двосторонній і багатосторонній та інші пов'язані з значною кількістю біржових інструментів, які постійно змінюються, оновлюються, що потребує дослідження і визначення місця клірингової діяльності як професійного виду розвитку на біржовому ринку і в розвитку економіки країни.

Література

Белкін, Л. (2012). Проблеми інформаційного забезпечення клірингових операцій з цінними паперами в контексті податкових наслідків цих операцій. *Інформація і право*, 2(5), 57—63.

Борисов, Ю., Шамраев, А. (2003). Клиринг в платежной системе: история, методология, подходы к регулированию. *Расчеты и операционная работа в коммерческом банке*, 4, 6—7.

Вавженчук, С., Бондаренко, С. (2014). Проблеми розуміння клірингу цінних паперів як правової категорії. *Підприємництво, господарство і право*, 5(221), 29—32.

Єршова, С. (2017). Визначення поняття господарської діяльності, її ознаки. *Держава та регіони*, 2, 118—123.

Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спрощення залучення інвестицій та запровадження нових фінансових інструментів» («Про ринки капіталу та організовані товарні ринки»). (2020). Взято з: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/738-20#Text> (2021).

Закон України «Про платіжні системи та переказ коштів в Україні». (2001). Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2346-14#Text> (2021).

Закон України «Про депозитарну систему України». (2012). Взято з: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5178-17#Text> (2021).

Кологойда, О. (2015). Правовий статус професійних учасників депозитарної системи України. (2015). *Юридичні науки*, 3(97), 54—59.

Мельник, В. (2016). Поняття та ознаки депозитарної та клірингової діяльності. *Підприємництво, господарство і право*, 10, 35—41.

Панова, Л. (2018). Виникнення та функціонування розрахунково клірингових систем та клірингових організацій. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*, 21, 239—242.

Положення про клірингову діяльність. (2013). Взято з: <http://www.zakon4rada.gov.ua/laws/show/z0562-135>.

EFFICIENT OPERATIONAL ACTIVITY — IMMANENT CHARACTERISTICS OF COMPETITIVENESS AND STRATEGIC DEVELOPMENT OF FEA SUBJECTS

T. Rybachuk-Iarova, I. Tiukha, S. Dunda

National University of Food Technologies

Key words:

Competitiveness
Operational activity
Management
Strategy
Strategic development

Article history:

Received 05.07.2021
Received in revised form
16.07.2021
Accepted 11.08.2021

Corresponding author:

T. Rybachuk-Iarova
E-mail:
ribachuk@gmail.com

ABSTRACT

The article reveals the essence of the competitiveness of enterprises of foreign economic activity through the prism of operational efficiency. It is proved that the competitiveness of producers who intend to develop or expand their presence at the foreign market is characterized by profitability, profitability of their products, the efficiency of foreign economic operations in the long run.

It is noted that most researchers consider the basic element of competitiveness and strategic development of foreign economic activity of the enterprise efficiency of operational management of the enterprise, which is expressed in the ability to effectively manage its own and borrowed resources, the availability of advanced technologies in production, ability to produce and sell competitively.

The research focuses on the dynamics of enterprise competitiveness. Its change over time is caused by the influence of external and internal factors, most of which can be attributed to the controlled parameters. The classification of internal and external factors of competitiveness of subjects of foreign economic activity is given.

To increase the competitiveness of the business entity at the foreign market, it was proposed to develop a strategy of foreign economic activity, a single direction that will take into account the capabilities of the operating system of the enterprise and market conditions.

This strategy should contain clear goals of entering the foreign market, take into account the size and potential of the foreign market, its situation.

The stages of making managerial decisions to ensure the competitiveness of the enterprise at the foreign market were developed.

ЕФЕКТИВНА ОПЕРАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ — ІМАНЕНТНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ТА СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ СУБ'ЄКТІВ ЗЕД

Т. В. Рибачук-Ярова, І. В. Тюха, С. П. Дунда

Національний університет харчових технологій

У статті розкрито сутність конкурентоспроможності підприємств суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності через призму ефективності операційної діяльності. Доведено, що конкурентоспроможність виробників, які мають намір освоєння зовнішнього ринку чи розширення своєї присутності на ньому характеризується прибутковістю, рентабельністю продукції, ефективністю зовнішньоекономічних операцій у довгостроковому періоді.

Відзначено, що більшість дослідників вважають базовим елементом конкурентоспроможності та стратегічного розвитку суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності ефективність управління операційною діяльністю підприємства, яка виражається у здатності компетентно розпоряджатися власними й позиковими ресурсами, наявністю передових технологій у виробництві продукції, спроможністю випускати та реалізовувати конкурентоспроможну продукцію.

У науковому дослідженні акцентовано увагу на динамічності конкурентоспроможності підприємства. Її зміна в часі викликана впливом зовнішніх і внутрішніх факторів, більшість з яких можливо віднести до керованих параметрів. Приведена класифікація внутрішніх і зовнішніх факторів конкурентоспроможності суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності.

Запропоновано для підвищення конкурентоспроможності господарюючого суб'єкта на зовнішньому ринку розробку стратегії зовнішньоекономічної діяльності єдиного напрямку, яка буде враховувати можливості операційної системи підприємства та ринкові умови функціонування. Стратегія має містити чіткі цілі виходу на зовнішній ринок, враховувати розмір і потенціал зовнішнього ринку, його кон'юнктуру.

Визначено етапи прийняття управлінських рішень щодо забезпечення конкурентоспроможності підприємства на зовнішньому ринку.

Ключові слова: конкурентоспроможність, операційна діяльність, управління, стратегія, стратегічний розвиток.

Постановка проблеми. У ринковій економіці успішно функціонують і розвиваються ті суб'єкти зовнішньоекономічної діяльності, які можуть запропонувати ринку нижчі ціни та вищу якість продукції, володіють вагомим портфелем брендів, мають високотехнологічне обладнання, ресурсозаощадливе виробництво, кваліфікований персонал, отже, ефективну операційну діяльність.

Одним із базових економічних чинників, що визначає іманентні характеристики конкурентоспроможності суб'єктів ЗЕД виступає ефективність їх операційної діяльності. Конкурентні переваги в галузі більш ефективного використання обмежених ресурсів і можливість запропонувати споживачеві продукцію,

яка буде на ранг вищою за аналогічну продукцію конкурентів, дасть змогу не лише вижити виробникові, але й освоювати привабливі сегменти зовнішнього ринку.

Конкурентоспроможність виробників, що мають намір освоєння або розширення своєї присутності на зовнішньому ринку, характеризується прибутковістю, рентабельністю їх продукції, ефективністю зовнішньоекономічних операцій у довгостроковому періоді.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченню теоретичних, методичних і прикладних засад конкурентоспроможності підприємства присвячені праці таких зарубіжних і вітчизняних учених: Г. Асселя, Г. Азоева, С. Алексєєва, І. Ансоффа, Л. Балабанової, І. Борисюк, П. Зав'ялова, Ф. Котлера, О. Кузьміна, Г. Мінцберга, М. Портера, Р. Фатхутдинова, А. Юданова та інших.

Проблематику управління ефективністю операційної діяльності підприємства досліджували такі науковці, як Т. А. Говорушко, А. Г. Гончарук, Г. Е. Куденко, А. В. Куценко, Н. О. Лазарева, І. В. Моцна, О. І. Олексюк, Д. О. Саричев, Г. В. Ситник, А. Н. Стерлігова, І. Б. Тадика, Р. Чейз та ін.

Можливості досягнення й утримання бажаного рівня конкурентоспроможності підприємства визначаються передусім ефективністю його операційної діяльності, а вже потім умовами ринку, тому проведення більш ретельних досліджень у цьому напрямку є актуальним.

Метою статті є дослідження теоретичних аспектів поняття конкурентоспроможності підприємства суб'єкта ЗЕД та впливу стану його операційної діяльності на рівень і можливості стратегічного розвитку.

Матеріали і методи. В основу дослідження покладено діалектичний метод і системний підхід до визначення сутності категорій.

Для виявлення особливостей конкурентоспроможності виробників, що мають намір освоєння або розширення своєї присутності на зовнішньому ринку, використано загальнонаукові методи (аналіз, синтез, індукція та дедукція).

Для групування внутрішніх і зовнішніх факторів конкурентоспроможності суб'єктів ЗЕД використано метод синтезу, спостереження й узагальнення.

При розробці етапів прийняття управлінських рішень щодо забезпечення конкурентоспроможності підприємства на зовнішньому ринку використано логічно-абстрактний метод і метод деталізації.

За допомогою методу узагальнення розроблено шляхи підвищення конкурентоспроможності підприємств на зовнішніх ринках.

Викладення основних результатів дослідження. Здатність господарюючого суб'єкта до ведення ефективної комерційної діяльності як на внутрішньому, так і зовнішньому ринку знайшла своє відображення в категорії «конкурентоспроможність».

Аналіз тлумачень терміна конкурентоспроможності підприємства різними дослідниками (Азоев, 1996; Алексєєв, 2004; Балабанова, 2006; Борисюк, І. О., Єрмоєнко, А. В., 2012; Зав'ялов, 2001; Карпенко, 2000; Кобиляцький, 2003; Кузьмін, 2005; Покропивний, 2002; Портер, 2016; Фатхутдинов, 2004) показав, що всі вони її базовим елементом вважають ефективність управління операційною діяльністю підприємства, яка виражається у здатності компетентно розпоряджатися власними й позиковими ресурсами (Азоев, 1996), ефективною

господарською діяльністю та її практичною прибутковою реалізацією (Зав'ялов, 2001). Все це дає змогу в конкурентних умовах задовольняти внутрішній, а також зовнішній ринки, забезпечувати плановий дохід підприємству шляхом пропозиції продукції, що має конкурентні переваги вищого рангу та вищі оцінки споживачів, ніж аналогічна продукція конкурентів (Алексєєв, 2004) за рахунок переваг діючих технологій у виробництві продукції (Балабанова, 2006), спроможності випускати та реалізовувати конкурентоспроможну продукцію (Борисюк & Єрьоменко, 2012), задіяти необхідні ресурси і зробити з них конкурентоспроможний товар; здатністю до ефективної господарської діяльності та забезпечення прибутковості (Покропивний, 2002).

Розгляд конкурентоспроможності підприємства через призму конкурентоспроможності його продукції передбачає підхід, що реалізується на оперативному або тактичному рівні управління шляхом прийняття ефективних управлінських рішень. Вони зменшують ризики можливих втрат. Конкурентоспроможність підприємства забезпечується на трьох рівнях: оперативному, тактичному та стратегічному.

Конкурентоспроможність підприємства на оперативному рівні досягається і шляхом виробництва конкурентоспроможної продукції, що є одним із критеріїв конкурентоспроможності.

Критерієм конкурентоспроможності на тактичному рівні виступає комплексний показник стану підприємства. Конкурентоспроможність на стратегічному рівні означає інвестиційну привабливість підприємства. Тут критерієм конкурентоспроможності є величина ринкової вартості підприємства.

Конкурентоспроможність підприємства відносять до динамічних категорій. Зміна рівня конкурентоспроможності в часі обумовлена впливом як зовнішніх, так і внутрішніх факторів. До факторів, що чинять вплив на конкурентоспроможність підприємства, відносять явища й процеси виробничо-господарської діяльності самого підприємства, соціальні, економічні фактори, тобто ті, від яких залежить вектор зміни величини витрат на виробництво, і реалізацію продукції, а отже, і динаміку рівня конкурентоспроможності підприємства (Кобиляцький, 2003). Ці фактори класифікують, відповідно, на внутрішні, що майже цілком визначаються керівництвом підприємства, та зовнішні, нівелювати які підприємство не спроможне.

Внутрішні фактори:

- виробнича та організаційна структура підприємства;
- масштаби використання досягнень науково-технічного прогресу;
- рівень кваліфікації персоналу;
- якість стратегічного управління;
- масштаби застосування сучасних інформаційних технологій;
- ступінь захищеності конфіденційної інформації;
- облік і регулювання виробничих процесів;
- функціонування системи управління якістю;
- розвиненість збутової мережі;
- періодичність інвестування у розвиток виробничих процесів;
- репутація (гудвіл) підприємства;
- ефективна конкурентна стратегія;

- вартість підприємства (бізнесу), що відображає його інвестиційну привабливість, тощо.

М. Портер безпосередньо пов'язує фактори конкурентоспроможності з факторами виробництва.

Враховуючи умови міжнародної та внутрішньої конкуренції, підприємство повинно забезпечити собі рівень конкурентоспроможності за такими факторами (Портер, 2016; Фатхутдинов, 2004):

- концепція продукту підприємства;
- якість продукту та його відповідність рівню ринкових лідерів;
- ціна продукту;
- фінансування — як внутрішнє, так і зовнішнє;
- методи і засоби комерційної діяльності;
- передпродажна підготовка та післяпродажне обслуговування;
- зовнішня торгівля підприємства.

Слід відзначити, що виробничий потенціал підприємства, який складає основну частину економічного потенціалу, визначається передусім технологіями, їх сучасністю, ресурсозаощадливістю й екологічністю. Саме технології, що використовує підприємство, формують вимоги до кількісного та якісного складу основних засобів, необхідних ресурсів, складу й кваліфікації персоналу, системи комунікацій та обробки інформації. У свою чергу, вони визначають виробничу потужність підприємства, кількість і якість оборотних засобів, необхідних для реалізації виробничого процесу.

Отже, значний перелік внутрішніх факторів, що чинять вплив на конкурентоспроможність підприємства, можливість останнього їх визначати та управляти ними, підкреслює першочерговість операційної ефективності у формуванні конкурентних засад функціонування підприємства суб'єкта зовнішньоекономічної діяльності.

До основних зовнішніх факторів, що найбільшим чином визначають конкурентоспроможність підприємств суб'єктів ЗЕД, слід віднести:

- світове економічне макросередовище;
- рівень економічного розвитку країни;
- державну політику у сфері зовнішньоекономічної діяльності підприємства;
- державну економічну політику в країнах-контрагентах;
- доступність фінансових послуг;
- стан розвитку інфраструктури в країні;
- рівень науково-технологічного потенціалу;
- наявність і кваліфікацію трудових ресурсів;
- податкову, амортизаційну, фінансово-кредитну політику, зокрема державні та міждержавні дотації та субсидії;
- систему державного страхування;
- ефективність функціонування інститутів права;
- участь у міжнародному поділі праці, фінансування національних програм для забезпечення конкурентоспроможності підприємства;
- державну систему стандартизації та сертифікації продукції і систем її створення;
- стан ринку, його тип, місткість, кількість і можливості конкурентів;

- функціонування громадських і недержавних інститутів тощо.

Отже, можливості прямого впливу підприємства на фактори зовнішнього середовища дуже обмежені, оскільки останні діють переважно об'єктивно відносно підприємства.

Конкурентоспроможність підприємства на зовнішніх ринках відображає можливість ефективної економічної діяльності в умовах світового ринку, а також його реакцію на зміну факторів впливу: як зовнішніх, так і внутрішніх. Успішний вихід підприємства на зовнішні ринки вимагає, щоб представлена продукція мала певний рівень конкурентоспроможності відносно продукції зарубіжних товаровиробників.

Процес управління конкурентоспроможністю підприємства на зовнішніх ринках передбачає реалізацію значної кількості взаємно узгоджених систематизованих дій, пов'язаних із його довгостроковими цілями й напрямками діяльності. Обрана стратегія поведінки на зовнішньому ринку повинна корелювати із місією та цілями підприємства, мати альтернативні стратегічні рішення (Козак, Сукач & Бурлаченко, 2020).

Можливо виділити ряд послідовних дій у розробці операційних стратегічних рішень підприємства, що має намір освоєння чи розширення своєї присутності на зовнішньому ринку (табл. 1).

Таблиця. Етапи прийняття управлінських рішень щодо забезпечення конкурентоспроможності підприємства на зовнішньому ринку

№	Етап	Документ, в якому фіксується результат
1.	Оцінка конкурентного потенціалу підприємства	Аналітичний звіт
2.	Пошук і визначення асортименту для зовнішнього ринку	Протокол
3.	Оцінка конкурентоспроможності експортного продукту	Аналітичний звіт
4.	Забезпечення технічних та економічних параметрів виробництва експортного продукту	Протокол
5.	Встановлення зовнішньоекономічних інтересів	Місія в ЗЕД
6.	Аналіз кон'юнктури зовнішнього ринку	Аналітичний звіт
7.	Розроблення стратегії експортної діяльності	Стратегія
8.	Аналіз і розрахунок цін, проробка конкурентних матеріалів	Проект експортних цін
9.	Пошук і вибір іноземного контрагента	Аналітичний звіт
10.	Встановлення контакту з потенційним контрагентом	Протокол
11.	Узгодження умов зовнішньоторговельного контракту	Попередній контракт
12.	Укладання зовнішньоторговельного контракту	Зовнішньоторговельний контракт
13.	Сертифікація, реєстрація зовнішньоторговельних контрактів	Сертифікат походження, відповідності, санітарне посвідчення, облікова картка
14.	Митне оформлення вантажів	Митна декларація
15.	Страховання вантажу	Страховий поліс
16.	Отримання коштів від іноземного контрагента	Банківська виписка
17.	Урегулювання суперечок	Рекламації
18.	Оцінка результатів	Аналітичний звіт

Примітка: розроблено автором на основі (Кобилецький, 2003; Козак, 2020; Кузьмін, 2005; Денисенко, 2020; Макаренко, 2011; Сопільник, 2002; Фатхудинов, 2004).

Конкурентоспроможність експортного продукту на початкових стадіях життєвого циклу визначається насамперед жорсткими споживчими якостями. Жорсткі споживчі якості продукту пов'язані з найбільш важливими його функціями та основними характеристиками і формують ціну споживання.

Використовуючи успішно діючу маркетингову концепцію у своїй країні, не слід намагатися застосувати аналогічну схему і на зарубіжних ринках з огляду на національні особливості різних країн. У той же час стандартизація маркетингової концепції дасть змогу забезпечити такі безумовні конкурентні переваги:

- скорочення рівня витрат на виробництво і реалізацію продукції;
- пролонгація життєвого циклу продукту;
- хеджування ризиків між різними ринками;
- розподіл витрат на науково-дослідні та дослідно-конструкторські розробки на більший обсяг виробництва;
- забезпечення конкурентних переваг підприємству в результаті розробки недиференційованих цінової і рекламної стратегій для різних зовнішніх ринків (Зав'ялов, 2001; Кузьмін, 2005; Портер, 2016).

Обираючи спосіб виходу на зовнішній ринок, підприємство повинне визначитись, чи буде воно самостійно здійснювати пошук потенційних споживачів власного продукту (тобто обере прямий метод експорту), чи залучиться підтримкою збутової мережі в країні контрагента шляхом здійснення передачі власних повноважень зі збуту (віддасть перевагу непрямому методу експорту). Крім того, необхідно провести підготовчу роботу: забезпечити відповідність експортованого продукту вимогам зовнішнього ринку щодо безпечності, пройти процедуру сертифікації на відповідність міжнародним стандартам (за необхідності), дослідити потенційний ринок збуту, розробити механізм пошуку партнерів тощо.

Один з основних етапів розширення присутності підприємства на зовнішньому ринку є вибір форм і методів роботи на обраному сегменті. Обираючи форми та методи комерційної діяльності, доцільно враховувати:

- політичну ситуацію в країні-імпортері;
- наявність торговельних преференцій для підприємств експортерів;
- наявність тарифних і нетарифних бар'єрів;
- способи реалізації, що прийнято використовувати в країні-потенційному імпортері.

Дослідження політичної та торговельної привабливості обраного зовнішнього ринку збуту, митних бар'єрів, а також політики просування та збуту характерної для обраного сегмента має бути прерогативою зовнішньоекономічного відділу підприємства, а у разі його відсутності — менеджеру ЗЕД.

Укладанню зовнішньоторговельної угоди передують процедура отримання дозвільної документації (сертифікати походження, якості, ветеринарний сертифікат, сертифікат з перевезення товару тощо).

Етап митного оформлення вантажу (оформлення експортної поставки продукту) є найбільш складним і вирішальним, оскільки передбачає необхідність попередньої підготовки товаророзпорядчої документації (зовнішньоторговель-

ний контракт, інвойс (рахунок-фактура), митна декларація, калькуляція виробництва продукту, транспортні накладні, відповідні сертифікати, тощо). Крім того, продукція, передбачена до експорту, підлягає процедурі митної перевірки в пункті в'їзду.

Отже, серед основних етапів управлінського забезпечення конкурентоспроможності підприємства на зовнішньому ринку слід виділити: оцінку конкурентного потенціалу та конкурентоспроможності експортного продукту підприємства; забезпечення техніко-економічних параметрів експортного виробництва; аналіз кон'юнктури зовнішнього ринку; розроблення стратегії експортної діяльності; пошук і встановлення контакту з іноземним контрагентом; укладання та виконання зовнішньоторговельного контракту.

Працюючи над розробкою стратегії зовнішньоекономічної діяльності підприємства доцільно ретельно опрацювати її основні елементи: сферу стратегії, розподіл ресурсів, конкурентні переваги та синергію.

У процесі розробки сфери стратегії зовнішньоекономічної діяльності підприємства основну увагу слід зосередити на засобах адаптації до зовнішнього середовища. Плануючи розподіл ресурсів, необхідно обґрунтувати спосіб розподілу обмежених ресурсів між окремими підрозділами таким чином, щоб спрямування відбувалося в найбільш перспективних напрямках розвитку комерційної діяльності на зовнішньому ринку.

Основою успішної стратегії зовнішньоекономічної діяльності підприємства мають стати специфічні конкурентні переваги, розроблені під визначений сегмент зовнішнього ринку.

У процесі реалізації стратегії зовнішньоекономічної діяльності підприємства важливим є виявлення синергічного ефекту, що стає можливим із застосуванням методів оцінювання додаткових вигід для підприємства від такої діяльності. Саме синергія створює приховані можливості для розвитку конкурентоспроможності підприємства на зовнішньому ринку.

Досягнення бажаного рівня конкурентоспроможності підприємства на зовнішніх ринках можливе за умови оперативного управління нею, чіткого стратегічного бачення власної присутності на обраних сегментах, а також розробки виваженої стратегії освоєння та розвитку ринку. Саме така система буде запорукою його стратегічного розвитку, що, у свою чергу, дасть змогу забезпечити високоефективну операційну діяльність і конкурентоспроможність підприємства на зовнішніх ринках у майбутньому.

Висновки

На основі проведеного дослідження встановлено, що забезпечення конкурентоспроможності суб'єкта зовнішньоекономічної діяльності можливе за умови продуктивного використання резервів операційної діяльності, вчасного реагування на зміну кон'юнктури світового та вітчизняного ринків. Підвищення ж конкурентоспроможності на зовнішніх ринках є процесом постійних змін, що провокує періодичні протидії. Тому він вимагає управління, в тому числі й стратегічного. Оскільки зміни стосуються всіх основних складових організації, зокрема структури кадрів, зайнятості, кваліфікації, технології, обладнання, про-

дукції, ринків збуту, то важливим аспектом підвищення конкурентоспроможності підприємства є формування стратегії конкурентоспроможності з урахуванням сильних і слабких сторін підприємства, а також можливостей та загроз зовнішнього середовища.

Література

- Азоев, Г. (1996). *Конкуренция: анализ, стратегия и практика*. Москва: Центр экономики и маркетинга.
- Алексеев, С. Б. (2004). Теоретические аспекты конкурентоспособности предприятий. *Збірник наукових праць ДНУ*, 191, 614—619.
- Балабанова, Л. В. (2006). *Стратегічне маркетингове управління конкурентоспроможністю підприємств*. Київ: ВД «Професіонал».
- Борисюк, І. О., Єрьоменко, А. В. (2012). Основні напрями підвищення конкурентоспроможності підприємства. *Збірник наукових праць НАУ*, 33, 182-190.
- Денисенко, М. П., Панченко, В. А., Шапоренко, О. І., & Федорак, В. І. (2020). *Управління зовнішньоекономічною діяльністю підприємства*. К.: Видавничий дім «Кондор».
- Зав'ялов, П. С. (2001). *Маркетинг в схемах, рисунках, таблицах*. Москва: Инфра-М.
- Карпенко, Є. М. (2000). Методологические подходы к оценке уровня конкурентоспособности предприятий. *Регіональні перспективи*, 2—3, 256—259.
- Кобиляцький, Л. С. (2003). *Управління конкурентоспроможністю* Київ: Зовнішня торгівля.
- Козак, Ю., Сукач, О., & Бурлаченко, Д. (Ред.) (2020). *Зовнішньоекономічна діяльність підприємства*. Київ: Центр навчальної літератури.
- Кузьмін, О. Є. (2005). *Управління міжнародною конкурентоспроможністю підприємства*. Львів: Компакт-ЛВ.
- Макаренко, М. В. (2011). Формування механізму управління ефективним функціонуванням підприємства. *Актуальні проблеми економіки*, 1, 126—135.
- Покропивний, С. Ф. (2002). *Економіка підприємства*. Київ: КНЕУ.
- Портер, М. (2016). *Международная конкуренция. Конкурентные преимущества стран*. Москва: Альпина Паблишер.
- Саричев, Д. О. (2012). Управління ефективністю операційної діяльності підприємства. *Стратегія економічного розвитку України*, 30, 136-143. Взято з [http://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/4347/2012_30_\(136-143\).pdf;jsessionid=F4C4E3BD1EC6F982D502FD644A44316C?sequence=1](http://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/4347/2012_30_(136-143).pdf;jsessionid=F4C4E3BD1EC6F982D502FD644A44316C?sequence=1).
- Сопільник, О. В. (2002). *Технологія прийняття управлінських рішень*. Дніпропетровськ: РВВДНУ.
- Фатхутдинов, Р. А. (2004). *Управление конкурентоспособностью организации*. М.: Эксмо.

STRATEGIES FOR ADAPTATION OF SANATORIUM AND RESORT INSTITUTIONS IN THE CONDITIONS OF THE COVID-19 PANDEMIC

L. Udvorgeli, K. Khaustova, M. Choriy

Mukachevo State University

Key words:

*Adaptation strategy
State strategy
COVID-19 pandemic
Sanatoriums
Adaptation tools*

Article history:

Received 03.08.2021
Received in revised form
16.08.2021
Accepted 26.08.2021

Corresponding author:

K. Khaustova

E-mail:

haustovksena@gmail.com

ABSTRACT

The problems of strategic adaptation of sanatorium-resort establishments to new realities acquire considerable urgency in the conditions of the pandemic caused by COVID-19 and accompanying quarantine measures were explored in the article. The purpose of the article is to study the essence and practical principles of formation and implementation of the strategy of adaptation of sanatoriums in the conditions of the COVID-19 pandemic at the macro and micro levels

The essence and features of adaptation of sanatoriums in the conditions of pandemic were investigated, the concept of strategy of adaptation was defined and its basic kinds were characterized. The foreign experience of implementation of adaptation measures in the field of tourism and hospitality on macro- and micro-comparisons was analyzed, the key conditions of preservation and development of domestic sanatorium-recreational potential in the post-pandemic period were determined. The main adaptation measures which need to be implemented in Ukraine in the conditions of coronary crisis and post-pandemic period were systematized to ensure the restoration of trust in domestic institutions of the sanatorium and recreation industry and to create preconditions for its further development

The research used general scientific methods: monographic, dialectical and abstract-logical, methods of comparison, logical generalization and synthesis.

The strategy of adaptation of sanatoriums in new economic, social, organizational and sanitary conditions first of all provides creation of safe conditions of the organization of services for consumers by reorganization of business processes, expansion or reduction of the range of services, changes in personnel policy, introduction of more flexible pricing policy and active implementation innovative technologies. The processes of stabilization and development of the industry in the post-pandemic period require additional attention and effective government decisions in the context of developing appropriate strategies for the development of the industry in the new conditions, which should be based on international experience in this field.

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-4-12

СТРАТЕГІЇ АДАПТАЦІЇ САНАТОРНО-КУРОРТНИХ ЗАКЛАДІВ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ COVID-19

Л. І. Удворгелі, К. М. Хаустова, М. В. Чорій

Мукачівський державний університет

У статті визначено особливості та проблеми стратегічної адаптації санаторно-курортних закладів в умовах пандемії, викликаной COVID-19, та супроводжуваних карантинних заходів. Досліджено сутність і практичні засади формування та реалізації стратегії адаптації санаторно-курортних закладів в умовах пандемії COVID-19 на макро- та мікрорівнях. Визначено поняття стратегії адаптації та охарактеризовано її основні різновиди. Проаналізовано зарубіжний досвід реалізації адаптаційних заходів у сфері туризму і гостинності на макро- та мікрорівнях, визначено ключові умови збереження і розвитку вітчизняного санаторно-рекреаційного потенціалу в постпандемічний період. Систематизовано основні адаптаційні заходи, що необхідно здійснити в Україні в умовах коронакризи та постпандемічний період для забезпечення відновлення довіри до вітчизняних закладів санаторно-рекреаційної галузі та створення передумов для її подальшого розвитку.

Обґрунтовано, що стратегія адаптації санаторно-курортних закладів до нових економічних, соціальних, організаційних та санітарних умов передбачає насамперед створення безпечних умов організації послуг для споживачів шляхом реорганізації бізнес-процесів, розширення або скорочення асортименту послуг, змін у кадровій політиці, запровадження більш гнучкої цінової політики та активного впровадження інноваційних технологій. Процеси стабілізації та розвитку галузі в постпандемічний період потребують додаткової уваги та ефективних рішень уряду в контексті розроблення відповідних стратегій розвитку галузі в нових умовах, що повинні орієнтуватися на міжнародний досвід у цій сфері.

При проведенні дослідження використовувались загальнонаукові методи: монографічний, діалектичний і абстрактно-логічний, методи порівняння, логічного узагальнення та синтезу.

Ключові слова: стратегія адаптації, державна стратегія, пандемія COVID-19, санаторно-курортні заклади, інструменти адаптації.

Постановка проблеми. В умовах суттєвого прискорення соціально-економічних, технологічних, інформаційних політичних та інших трансформацій соціально-економічного середовища здатність вчасно змінюватися є одним з провідних факторів успіху та важливою умовою виживання підприємств на ринку. Особливої актуальності проблеми тактичної і стратегічної адаптації набувають на тлі глобального поширення пандемії COVID-19 та супроводжуваних обмежувальних заходів, що суттєво вплинули на становище, перспективи та умови функціонування підприємств санаторно-рекреаційної галузі.

За даними організації UNWTO (Всесвітня туристична організація), вже станом на кінець травня 2020 р. в галузі відбулося скорочення туристичних потоків

на 67 млн та зменшення доходу на 80 млн дол. США, а за 2020 р. у цілому збитки туристичної галузі внаслідок пандемії COVID-19 у світі перевищили 800 млрд дол. США та призвели до втрати робочих місць — понад 100—120 млн осіб, зайнятих у туристично-рекреаційній сфері (UNWTO, 2020).

Зважаючи на наслідки пандемії, що ще декілька років будуть впливати на розподіл, обсяги та напрямки туристичних потоків, потребує перегляду концепція організації санаторно-рекреаційного обслуговування, а також розроблення адаптивних стратегій відновлення галузі в нових умовах як на рівні національних економік, так і на рівні окремих суб'єктів господарювання, що зумовило вибір мети та цілей дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми розвитку підприємств сфери туризму, гостинності та санаторно-курортних закладів в умовах змінного середовища розглядалися у працях (Мороз & Феленчак, 2019; Якушев, 2020). Теоретичні та практичні аспекти управління адаптацією підприємств досліджувалися у працях (Мельник, 2016; Вишневецька, 2007; Кудлаєнко, 2011). Вплив наслідків пандемії COVID-19 на розвиток сфери туризму на світовому ринку та в окремих країнах світу, а також пошук нових рішень і шляхів розвитку галузей туристичного та рекреаційно-оздоровчого сектору в умовах нових загроз є предметом доваження багатьох зарубіжних науковців, серед яких (Mulder, 2020; Rodríguez-Antón, 2020; Uğur & Akbiyik, 2020; Tsai, 2021; Welfens, 2020; Assaf & Scuderi, 2021; Atsiz, 2021).

Зважаючи на непередбачуваність проблеми виникнення пандемії COVID-19, відсутність ефективних прогнозів щодо її подальшого поширення та наслідків, зокрема і для світового туризму, проблеми розробки стратегій адаптації санаторно-рекреаційних закладів до кризових умов для забезпечення їх виживання і розвитку є новими та недостатньо дослідженими в Україні, що актуалізує подальші дослідження в цьому напрямку.

Мета дослідження: дослідження сутності та практичних засад формування і реалізації стратегії адаптації санаторно-курортних закладів в умовах пандемії COVID-19 на макро- та мікрорівнях.

Матеріали і методи. Методологічною основою дослідження є вивчення сутності, видів стратегій адаптації та основних напрямків їх використання для забезпечення поступової стабілізації та виходу на траєкторію конкурентного розвитку підприємств санаторно-курортної галузі в умовах пандемії COVID-19 та постпандемійний період. У статті використано таку сукупність методів дослідження: монографічний, діалектичний і абстрактно-логічний, методи порівняння, логічного узагальнення та синтезу.

Викладення основних результатів дослідження. Проблему адаптивності управління розглядають з різних точок зору: як процес прийняття і реалізації рішень, як господарську й управлінську систему, здатну змінюватися відповідно до вимог середовища, та як стратегію, що формується в процесі реалізації цілей на основі ситуаційного підходу.

Адаптивне управління являє собою систему взаємопов'язаних функцій й організаційно узгоджених процесів безперервного аналізу релевантних факторів і реагування на їх вплив шляхом приведення у відповідність внутрішнього

середовища зовнішнім викликам, а в деяких випадках — цілеспрямованого впливу на зміни параметрів зовнішнього середовища відповідно до потреб підприємства (Khaustova, 2016).

Адаптація підприємства до зовнішніх умов вимагає своєчасності, гнучкості та економності, тобто має бути адекватною стану економіки в конкретний проміжок часу. Внаслідок цього виникає необхідність у належному забезпеченні об'єктивною та достовірною інформацією, відомостями з різних джерел, тому що швидкість отримання даних безпосередньо впливає на швидкість адаптивної реакції підприємства (Мельник, 2016).

Основним організаційним підґрунтям, що визначає механізми адаптивних дій відповідно до змінюваних умов та вибору найбільш актуальних альтернатив досягнення стратегічних цілей підприємства, є стратегія адаптації.

Стратегія адаптації в умовах посилених трансформаційних процесів і супроводжуючої їх турбулентності є концепцією стратегічного багатоваріантного мислення та «дорожньою картою» щодо прийняття рішень для досягнення стратегічної мети та цілей підприємства, що опирається насамперед на людський потенціал (творчі, креативні компетенції), якісне інформаційно-аналітичне забезпечення та інновації. Основним завданням стратегії адаптації є мінімізація зовнішніх негативних впливів та максимізація вигод, що виникають на шляху стратегічного розвитку підприємства й сприяють збереженню стійкості та внутрішньої цілісності організації, її конкурентоспроможності та економічному зростанню.

Попри використання різноманітних інструментів і методів, стратегії адаптації підприємств умовно можна розділити на дві групи: стратегії реактивної адаптації та стратегії проактивної адаптації.

Стратегії реактивної адаптації передбачають наявність маркетингового інструментарію дослідження ринкових, політичних, сезонних та інших змін і вироблення тактичних заходів для забезпечення беззбиткового функціонування як реакцію на ці зміни. Найчастіше інструментами адаптації виступають: цінова та рекламна політика, незначні зміни асортименту, скорочення (розширення) окремих видів діяльності, чисельна адаптація персоналу, зниження витрат. Практика функціонування більшості підприємств санаторного-рекреаційної галузі України в умовах пандемії свідчить, що саме цей вид стратегії застосовується у вітчизняних організаціях. Причинами такого підходу є насамперед слабка система стратегічного управління, брак фінансових ресурсів для інвестування в реорганізацію бізнес-процесів, низький рівень кваліфікації персоналу, низький рівень інноваційної активності та відсутність державної підтримки.

Стратегії проактивної адаптації орієнтовані насамперед на формування адаптивного потенціалу підприємства, що дає змогу вчасно передбачати, превентивно реагувати та ефективно перебудовуватися відповідно змін середовища. Характерними особливостями проактивної стратегії адаптації підприємства є: високоорганізований, орієнтований на інноваційне мислення кадровий потенціал, впровадження інновацій, сценарне прогнозування і стратегування, цифровізація бізнес-процесів (Вишневецька, 2007).

Важливим елементом формування та реалізації стратегії адаптації є використання сучасних інформаційних технологій, зокрема аналізу й обробки інформації, визначення релевантних трендів і сценарних прогнозів. У процесі адаптації санаторно-курортних закладів і підприємств сфери туризму загалом варто враховувати нові тренди, що сформувалися в умовах пандемії:

- зростаючий інтерес до місцевої культури і традицій (інформаційна доступність завдяки сучасним технологіям і негнучкість багатьох вітчизняних туроператорів стимулює населення до самостійної організації відпочинку);
- перевага надається індивідуальним подорожам і персоналізованим пропозиціям;
- зростання популярності духовних і паломницьких подорожей;
- розвиток трансформативних подорожей: комбінування ділових подорожей і розваг (волонтерство, культурний обмін, заходи з командоутворення);
- подорожі з метою відвідування конкретної події (змагання, музичні концерти та фестивалі, гастрономічні тури тощо);
- технологічний прогрес, який поступово впроваджується і в готельно-туристичній галузі: роботи, чат-боти, віртуальна та доповнена реальності тощо (Якушев, 2020).

Основна перевага санаторно-курортного господарства України — наявність значного природно-ресурсного потенціалу. Різноманітність природних лікувальних ресурсів представлена мінеральними водами різного складу, лікувальними грязями, озокеритом та м'якими кліматичними умовами. Завдяки розмаїттю природних лікувальних ресурсів Україна є сприятливим місцем для лікування та оздоровлення (Мороз & Феленчак, 2019). Вказані переваги, за умови розроблення дієвих стратегій, можуть бути використані для розвитку галузі в умовах постпандемічного періоду та сприяти залученню ширшого кола споживачів як на внутрішньому, так і зовнішньому ринку відповідних послуг.

В умовах пандемії COVID-19 перед усіма підприємствами санаторно-рекреаційної сфери постають завдання найбільш ефективної адаптації до нових умов. Попри специфіку функціонування окремих закладів, основними напрямком адаптації є створення безпечних умов отримання послуг, що потребує певної реорганізації бізнес-процесів, розширення або скорочення асортименту послуг, запровадження більш гнучкої цінової політики та інноваційних технологій.

Пандемія COVID-19 та її швидке поширення на глобальному рівні — непередбачуваний деструктивний чинник, що суттєво вплинув на стан світової економіки. Сфера туризму та рекреації стала однією з найбільш уразливих галузей світового господарства та зазнала значних збитків. Подальший розвиток туристичного сектору та супутніх сфер послуг у новій реальності потребує розроблення стратегії адаптації та узгодження дій на всіх рівнях: глобальному, національному, регіональному та локальному. Провідна роль у забезпеченні збереження галузі та створення умов для ефективної адаптації підприємств туристичної та санаторно-рекреаційної сфери, на нашу думку, належить державі. Насамперед через той факт, що в нових умовах, які передбачають мож-

ливість введення різних обмежень, самі ринкові механізми розвитку підприємств вже не працюють.

Частка туризму в загальній економіці України є темою поглиблених дискусій і складає, згідно з офіційною статистикою, близько 3—4% ВВП, що значно нижче за міжнародний середній показник (який дорівнює 10%). Відтак туризм практично не береться до уваги при формуванні економічної політики на національному рівні. Однак останні дані від міжнародних структур (перш за все Всесвітньої туристичної організації ООН, UNWTO) підтверджують власні розрахунки внутрішніх експертів, які визначили цю частку на рівні близько 9% ВВП України. Це дає підстави вважати цей показник набагато важливішим для української економіки, ніж раніше. Що стосується наслідків пандемії COVID-19 у сфері туризму, то Україна перебуває у відносно кращій ситуації, ніж більшість країн, оскільки тут частка внутрішнього та виїзного туризму значно перевищує показники вхідного потоку (UNWTO, 2020).

Зважаючи на кризовий стан національної економіки та нагальність вирішення проблем у сфері охорони здоров'я, виробництві та інших життєзабезпечуючих секторах національної економіки, яким надається пріоритетна перевага в умовах пандемії, підприємства туристично-рекреаційної сфери не отримали вчасної допомоги та відповідних адаптаційних заходів від держави, окрім певного переліку обмежень щодо організації їх діяльності та незначних компенсацій для вивільнених працівників.

Попри недостатньо високий внесок у ВВП України, в туристичній і суміжних галузях зайнято понад 900 тис. працівників, а туристичний збір є вагомою дохідною складовою бюджету окремих регіонів України. Окрім того, зважаючи на наявний природний, географічний потенціал і багату культурну спадщину, туристичну та санаторно-рекреаційну галузь можна вважати одним із пріоритетних напрямків сталого розвитку національної економіки. Це підтверджує важливість розроблення й реалізації державної програми стратегічної адаптації і розвитку туристичного сектору в умовах пандемії та постпандемійного періоду.

Варто зазначити, що адаптація та поступове відновлення туристичної та санаторно-рекреаційної сфери в умовах пандемії та її соціальних, правових і економічних наслідків залежить від ефективності рішень уряду та розроблення відповідних стратегій розвитку галузі в нових умовах. У цьому контексті, на нашу думку, варто вивчати зарубіжний досвід боротьби з пандемією та захисту в цих умовах найбільш вразливих секторів економіки.

До прикладу, однією з країн, санаторно-курортна та туристична сфера якої зазнала значних збитків внаслідок пандемії COVID-19, є Іспанія. Негативні наслідки поширення пандемії та відповідні жорсткі обмежувальні заходи суттєво вдарили по розвитку туризму в цій країні та, відповідно, по всій економіці, оскільки саме туризм є однією з бюджетоутворюючих галузей (надходження у 2019 р. склали понад 12,3% ВВП). За даними державної служби статистики Іспанії, впродовж перших 7 місяців 2020 р. сумарний потік іноземних туристів скоротився порівняно з аналогічним періодом 2019 р. на 72,8%, що призвело до скорочення доходів туристичної галузі на суму понад 38 млрд євро (НТО України, 2020).

Завдяки впровадженню тактичних заходів, що впроваджувалися в Іспанії в умовах тотальних карантинних обмежень, вдалося зберегти персонал у сфері санаторно-готельної індустрії та запобігти різкому спаду ділової активності. Наступним кроком на етапі поступового послаблення карантину стала перебудова основних бізнес-процесів готелів та інших закладів розміщення з орієнтацією на гарантування безпечного проживання гостей, створення умов для мінімального контактування, посилення заходів санітарної безпеки у готелях та переформатування відповідних маркетингових концепцій продукту з акцентом саме на збереження здоров'я гостей.

Важливим інструментом адаптації санаторно-курортних закладів та підприємств гостинності в Іспанії та інших європейських країнах є прискорення процесів діджиталізації, спрямованих на підвищення інформаційного супроводу та контролю всіх бізнес-процесів, дотримання протоколів внутрішньої безпеки, посилення інформаційно-просвітницьких кампаній у сфері здоров'я, особистого захисту й профілактики в умовах пандемії, мінімізацію прямого контакту між співробітниками готелю й гостями.

Аналізуючи адаптаційні заходи, спрямовані на підтримку та збереження підприємств туристичного бізнесу та сфери гостинності в європейських країнах, можна виділити ряд заходів, що здійснювалися майже всіма урядами:

1. Організаційно-правові — формування законів, нормативних актів щодо регулювання підприємницької діяльності в умовах карантинних заходів, розробка загальних протоколів дотримання правил безпеки, визначення чітких умов їх застосування на підприємствах різних сфер обслуговування та організації контролю.

2. Інформаційні заходи спрямовані на посилення інформаційної обізнаності громадян щодо умов та обмежень перебування у місцях і закладах розміщення різного типу, правил поведінки, дотримання гігієни та соціальних норм, а також відповідальності за їх порушення.

3. Фінансові заходи, спрямовані на фінансову підтримку підприємств у секторах, виживання яких опинилося під загрозою в умовах обмежувальних заходів, що передбачають: державне гарантування безвідсоткових кредитів для проведення адаптаційних санітарних заходів на підприємствах; виплати державою мінімальної заробітної плати тимчасово вивільненим працівникам; підтримка самозайнятих працівників у туристичному секторі за рахунок фінансових вигод, серед яких пільгове оподаткування, відстрочка кредитних боргів тощо.

Організація ефективної адаптації та формування підвалин для розвитку санаторно-рекреаційної сфери і туризму в Україні в умовах коронакризи та постпандемічний період потребують розробленні комплексної інтегральної стратегії, що включатиме медико-санітарну, транспортно-логістичну, інноваційну, інформаційну та фінансову складові, які в комплексі забезпечуватимуть прискорену модернізацію та перехід туристичної сфери на шлях сталого розвитку й сприятимуть формуванню іміджу галузі у контексті надання якісних, безпечних і доступних послуг для різних категорій внутрішніх і зовнішніх споживачів.

За рекомендаціями експертів Національного інституту стратегічних досліджень, до першочергових заходів, що стратегічно сприятимуть відновленню довіри до вітчизняних закладів санаторно-рекреаційної галузі та сфер гостинності і стимулюватимуть активізацію туризму, зокрема внутрішнього, можна віднести (НІСД, 2020):

1. У сфері охорони здоров'я:

- розроблення та впровадження методичних рекомендацій щодо посилення спроможності (кадри, оснащення) медичних закладів і надання медичної допомоги на територіях із значним сезонним припливом населення;

- формування єдиних державних стандартів і протоколів санаторно-курортного обслуговування, організації харчування та готельних послуг в умовах різного рівня епідеміологічної небезпеки максимально наближених до відповідних стандартів, прийнятих в європейських країнах;

- сприяти розробці та впровадженню спеціалізованих комплексних оздоровчих програм, орієнтованих цільовим чином на осіб з категорій ризику, а також методичних рекомендацій щодо імплементації таких програм у регіонах з відповідними природно-кліматичними показниками.

2. В інформаційній сфері:

- створення єдиної інтерактивної інформаційної туристичної платформи щодо рівня епідеміологічної безпеки в регіонах, діючих режимів перевезень, рівня поточної та прогнозованої завантаженості санаторно-курортних закладів, санітарних норм та умов перебування;

- створення механізму гарантування втрат туристів від скасування поїздки внаслідок поширення епідемії шляхом надання ваучерів на скасовані бронювання, тривалістю від 6 місяців;

- сприяння формуванню сприятливого іміджу вітчизняних закладів та формуванню культури «безпечного» відпочинку.

3. У фінансовій сфері:

- створення умов для залучення інвестицій у розвиток туризму;

- спрощення доступу до фінансів, зокрема представниками малого і середнього бізнесу;

- фінансове стимулювання підприємств до реінжинірингу окремих бізнес-процесів, що сприятимуть зниженню санітарно-епідеміологічних ризиків і впровадженню інноваційних технологій через механізми цільового субсидування, пільгового оподаткування та кредитування.

4. У сфері транспортного забезпечення:

- збільшити термін бронювання квитків понад термін 45 днів для розширення можливостей планування роботи туристичних компаній і попереднього замовлення колективних турів;

- сприяти організації надання пакетних транспортних послуг у співпраці з громадами туристичних територій, що дають змогу зменшити зовнішні контакти туристів, які дістаються не персональним транспортом (організація чартерних автобусних рейсів з великих міст чи залізничних вузлів тощо).

Отже, ефективність адаптації та вихід на шлях поступового відновлення діяльності санаторно-курортних закладів України в умовах пандемічних загроз

потребує розроблення чітких і зрозумілих механізмів функціонування економіки загалом та, зокрема, підприємств сфери послуг відповідно до рівня небезпеки, формування системи санітарних норм і рекомендацій для різних видів діяльності, що дають змогу збалансувати потреби споживача, економічну доцільність послуг та відповідний рівень епідеміологічної безпеки.

Висновки

В умовах посилення глобальних трансформаційних процесів на тлі поширення світової пандемії COVID-19 подальший розвиток підприємств санаторно-рекреаційної галузі та сфери туризму загалом потребують перегляду діючих стратегій та переходу у формат адаптивного стратегічного розвитку, що потребує інтеграції зусиль усіх учасників ринку та посиленої державної підтримки. Ефективна адаптація санаторно-курортних закладів до нових економічних, соціальних, організаційних і санітарних умов потребує насамперед створення безпечних умов організації послуг для споживачів, що передбачає певну реорганізацію бізнес-процесів, розширення або скорочення асортименту послуг, змін у кадровій політиці, запровадження більш гнучкої цінової політики та активного впровадження інноваційних технологій.

Адаптація та поступове відновлення туристичної та санаторно-рекреаційної сфери в умовах пандемії та її наслідків залежить від ефективності рішень уряду та розроблення відповідних стратегій розвитку галузі в нових умовах, що повинні орієнтуватися на міжнародний досвід у цій сфері та впроваджувати відповідні механізми регулювання, координації, стандартизації й фінансової допомоги суб'єктам підприємництва, що дасть змогу досягнути високого рівня захисту і збереження здоров'я споживачів послуг, та, водночас, забезпечити сприятливі умови для поступового виходу галузі з кризового становища й утримання конкурентних позицій.

Практичне значення одержаних результатів виявляється у визначенні ключових складових і напрямків реалізації стратегії адаптації санаторно-курортних закладів України в умовах пандемії COVID-19 на мікро- та макрорівнях.

Подальші дослідження спрямовуватимуться на пошук найбільш оптимальних бізнес-моделей та організації послуг санаторно-курортних закладів з урахуванням нових викликів, можливостей та обмежень у постпандемічний період в Україні.

Література

Вишневецька, К. В. (2007). Моделі адаптації підприємства у постіндустріальних умовах господарювання. *Фінансовий простір*, 1(25), 125—129.

Кудлаєнко, С. В. (2011). Наукові засади формування економічного механізму адаптації до кризових умов. *Вісник ХНУ*, 5, (2), 32—36.

Мельник, М. А. (2016). Адаптація підприємства як засіб забезпечення його економічної безпеки. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, 6(230), 87—90.

Мороз, С. Р., Феленчак, Ю. Б. (2019). Сучасні тенденції розвитку санаторно-курортного господарства в туристичному комплексі України. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського*, 30(69), 99—104.

НТО України (2020). Пандемія COVID-19 та її наслідки у сфері туризму в Україні. Взято з <http://www.ntoukraine.org/assets/files/EBRD-COVID19-Report-UKR.pdf>.

НІСД (2020). Щодо розвитку туризму в Україні в умовах підвищених епідемічних ризиків. Аналітична записка. Взято з <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-06/turyzm-v-ukraini.pdf>.

Якушев, О. (2020). Інноваційні технології в управлінні бізнес-процесами підприємств сфери готельно-ресторанних та туристичних послуг. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*, 3(2), 195—208.

Assaf, A. & Scuderi, R. (2020). COVID-19 and the recovery of the tourism industry. *Tourism Economics*, 26(5), 731—733.

Rodríguez-Antón, José Miguel & Alonso-Almeida, Mariadel Mar (2020). COVID-19 Impacts and Recovery Strategies: The Case of the Hospitality Industry in Spain. *Sustainability*, 12. Взято з <https://doi.org/10.3390/su1220859>.

Khaustova, K. M. (2016). Theoretical aspects of strategic adaptation management of enterprises. *Economic Processes Management: International Scientific E-Journal*, 3. Взято з http://epm.fem.sumdu.edu.ua/download/20163/epm2016_3_1.pdf.

Uğur, Naciye Güliz & Akbıyık, Adem (2020). Impacts of COVID-19 on global tourism industry: A cross-regional comparison. *Tour Manag Perspect*, 36. Взято з <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100744>.

Mulder, Nanno (2020). The impact of the COVID-19 pandemic on the tourism sector in Latin America and the Caribbean, and options for a sustainable and resilient recovery. *International Trade*, 157. Взято з https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46502/S2000751_en.pdf.

Atsız, Ozan (2021). Virtual reality technology and physical distancing: A review on limiting human interaction in tourism. *Journal of Multidisciplinary Academic Tourism*, 27—35.

Tsai M-C (2021). Developing a sustainability strategy for Taiwan's tourism industry after the COVID-19 pandemic. *PLoS ONE*, 16(3). Взято з <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248319>.

UNWTO (2020). World Tourism Barometer. Взято з <https://web.unwto.org/s3-eu-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/2020-05/Barometer%20-%20May%202020%20-%20Short.pdf>.

Welfens, P. J. J. (2020). Macroeconomic and healthcare aspects of the coronavirus epidemic: EU, US and global perspectives. *International Economics and Economic Policy*. Взято з <https://doi.org/10.1007/s10368-020-00465-3>.

COMPENSATION OF REACTIVE POWER IN ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS OF INDUSTRIAL AND CIVIL FACILITIES

S. Baluta, V. Jovbak, L. Kopilova, Iu. Kuievda

National University of Food Technologies

Key words:

Coefficient of reactive power
Compensation of reactive power
Electrical supply of industrial and civil objects
Optimization methods
Algorithm of rotation of particles with adaptation

Article history:

Received 05.07.2021
Received in revised form 19.07.2021
Accepted 02.08.2021

Corresponding author:

S. Baluta

E-mail:

epem2011@ukr.net

ABSTRACT

Compensation of reactive power in electrical systems of industrial and civil facilities is an up-to-date problem, since it allows to reduce the consumption and loss of electric energy, provide normalized values of voltage levels in consumers, reduce expenditures on electrical equipment of electricity supply.

The article presents the results of the study of energy efficiency of the regimes of electrical safety of industrial and civil facilities at different degrees of depth of compensation of reactive power at the level of electrical receivers. In order to obtain the maximum economic effect of the CRP, a single-criticism of optimization is solved — minimizing financial expenses for payment of electricity losses and installation of CRP devices. This statement of the problem provides interaction between the “model of the electricity supply system” and used by the “optimization method”. In this case, the proposed approach allows to use different optimization methods, since changes in the electrical circuit do not lead to need to change anything in the implementation of the optimization method. So, there is a lack of close relationship between the problem of optimization and the method of its decision, the flexibility of the approach increases.

The method of determining the optimal placement of sources of reactive power and its capacity in the system of electrical supply of industrial and civil objects based on the use of algorithm of rotation of particles with adaptation is proposed. When solving optimization problems using the particles algorithm for setting parameters, a genetic optimization algorithm was used. As a result of settlement studies for the electricity supply system of industrial and civil facilities, energy-efficient degrees of reactive power compensation, minimum lengths of cables and the values of reactive power coefficients are determined for which it is necessary to compensate for reactive power. A technical and economic assessment of the effectiveness of increasing the degree of compensation of reactive power at the level of electrical receivers was provided: changes in the losses of active power in the elements of the electrical supply of industrial and civil facilities, the possibility of using less sectional cables, reducing expenditures for payment of electric energy losses and the cost of conductive material.

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-4-13

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ І ЦИВІЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

С. М. Балюта, В. Д. Йовбак, Л. О. Копилова, Ю. В. Куєвда

Національний університет харчових технологій

Компенсація реактивної потужності в системах електрозабезпечення промислових і цивільних об'єктів є актуальним завданням, оскільки дає змогу зменшити споживання та втрати електричної енергії, видатки на електротехнічне обладнання системи електрозабезпечення, забезпечити нормовані значення рівнів напруги у споживачів.

У статті представлені результати дослідження енергоефективності режимів систем електрозабезпечення промислових і цивільних об'єктів при різних ступенях глибини компенсації реактивної потужності на рівні електроприймачів. Для отримання максимального економічного ефекту при КРП вирішується однокритеріальна задача оптимізації — мінімізації фінансових витрат на оплату втрат електричної енергії і на установку пристроїв КРП. Така постановка задачі забезпечує взаємодію між «моделлю системи електрозабезпечення» і використаним «методом оптимізації». При цьому запропонований підхід надає можливість використовувати різні методи оптимізації, оскільки зміни в електричній схемі не призводять до необхідності змінювати будь-що в реалізації оптимізаційного методу. Іншими словами, забезпечується відсутність тісної залежності між задачею оптимізації і методом її розв'язку, підвищується гнучкість підходу.

Запропоновано метод визначення місць оптимального розміщення джерел реактивної потужності і величини їх потужності в системі електрозабезпечення промислових та цивільних об'єктів, що базується на використанні алгоритму рою частинок з адаптацією. При розв'язанні задач оптимізації за допомогою алгоритму рою частинок для настройки параметрів був використаний генетичний алгоритм оптимізації. В результаті розрахункових досліджень для системи електрозабезпечення промислового та цивільного об'єктів визначені енергоефективні ступені компенсації реактивної потужності, мінімальні довжини кабелів і величини коефіцієнтів реактивної потужності, для яких необхідно проводити компенсацію реактивної потужності. Проведено техніко-економічну оцінку ефективності підвищення ступеня глибини компенсації реактивної потужності на рівні електроприймачів: визначено зміни втрат активної потужності в елементах системи електрозабезпечення промислових і цивільних об'єктів, можливість використання кабелів меншого перерізу, зменшення видатків на оплату втрат електричної енергії та вартість провідникового матеріалу.

Ключові слова: коефіцієнт реактивної потужності, компенсація реактивної потужності, системи електрозабезпечення промислових і цивільних об'єктів, методи оптимізації, алгоритм рою частинок з адаптацією.

Постановка проблеми. Підвищення енергоефективності передавання та споживання електричної енергії є актуальним для промисловості і цивільної сфери, оскільки дає змогу підвищити ефективність використання генеруючих потужностей, зменшити енергоємність продукції, що випускається підприємствами, а також зменшити викиди CO_2 . Для забезпечення високої енергоефективності систем електрозабезпечення доцільно підтримувати раціональні рівні напруги у вузлових точках електричних мереж міст і промислових підприємств шляхом компенсації реактивної потужності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням компенсації реактивної потужності в системах електрозабезпечення присвячено низку досліджень. Так, у праці (Лоскутов, 2006) представлено метод багатоцільової оптимізації компенсації реактивної потужності (КРП) в системі електропостачання промислового підприємства з використанням еволюційних алгоритмів.

У статті (Демов, Демов, Войнаровський & Паламарчук, 2006) розглянуто питання КРП в електричній мережі споживачів у сучасних економічних умовах. Автори роблять висновок, що в сучасних умовах підприємству економічно доцільно вкладати кошти в засоби компенсації реактивної потужності, що забезпечить більшу економічну ефективність порівняно з їх вкладенням в інші виробничі та комерційні операції

У праці (Лазуренко & Прохоренко, 2011) розглянуто питання компенсації реактивної потужності в міських електричних мережах з використанням централізованої (загальної) компенсація РП на підстанціях у системах електрозабезпечення побутових електроспоживачів та індивідуальної компенсації реактивної потужності на рівні кожної квартири або стояка шляхом підключення установок компенсації реактивної потужності (косинусного конденсатора невеликої ємності).

У статті (Шестеренко & Изволенський, 2017) розглянуто питання оптимального розподілу джерел реактивної потужності в системі електропостачання з використанням спеціальних оптимізаційних програм. У праці (Зорин & Буслова, 1971) представлено метод визначення місць установки і розрахунку оптимальної потужності конденсаторних батарей у розподільній мережі 0,4 кВ, що дасть змогу забезпечити нормовані відхилення напруги у споживачів.

Питанням розміщення конденсаторів і визначення їх оптимальної потужності для розподільних систем електропостачання присвячена праця (Ching-Tzong Su, Cheng-Yi Lin & Ji-Jen Wong, 2008). Автори представили метод оптимізації режимів роботи радіальної та замкненої електричної мережі, а також метод оптимізації розміщення конденсаторів з використанням еволюційно-імітаційного моделювання.

У праці (Akash, Himnay, Pratap Singh & Avinas Kumar Chauhan, 2014) розглядаються питання компенсації реактивної потужності в системах розподіленої генерації. Авторами показано, що КРП потужності поблизу навантаження забезпечує покращення якості напруги, покращення $\cos \phi$, зменшення загальної вартості системи.

У дослідженні (Mekhamer, El-Hawary, Soliman, Moustafa & Mansour, 2002) представлені евристичні стратегії вибору джерел реактивної потужності в радіа-

льних розподільних систем з трьома джерелами живлення, що базуються на варіаційних методах.

Представлений аналіз літератури показав, що за останнє десятиліття більшість праць, в яких розглядаються проблеми компенсації реактивної потужності, присвячені теоретичним методам розрахунків втрат і регулювання напруги або методів визначення оптимального розміщення засобів компенсації реактивної потужності (Герасименко, 2014; Тульский, Ванин & Толба Мохамед, 2020). Однак не вирішеним залишається питання обґрунтування ступеня глибини компенсації реактивної потужності на рівні приймачів у системах електрозабезпечення промислових і цивільних об'єктів, визначення місця розташування джерел реактивної потужності та їх потужності.

Метою статті є визначення обґрунтованого ступеня глибини компенсації реактивної потужності на рівні приймачів електричної енергії, розробка алгоритму оптимізації розміщення і потужності джерел реактивної потужності в системах електрозабезпечення промислових і цивільних об'єктів на основі генетичних методів оптимізації, оцінка енергоефективності підвищення ступеню компенсації реактивної потужності на рівня приймачів електричної енергії.

Матеріали і методи. В основу дослідження покладені методи розрахунку ustalених режимів електричних мереж на основі лінійних алгебраїчних рівнянь ітераційними методами. Для визначення оптимального місця розташування та потужності конденсаторних батарей використовуються алгоритм рою частинок з адаптацією та генетичний алгоритм оптимізації.

Викладення основних результатів дослідження. В системах електрозабезпечення промислових і цивільних об'єктів при роботі більшості електроприймачів, що включають в себе, зазвичай, електричні машини та апарати, через дефіцит реактивної потужності виникає проблема її генерації поруч зі споживачем. Питання оптимізації генерації реактивної потужності (компенсації реактивної потужності) загалом зводиться до рішення двокритеріальної задачі пошуку найкращого рішення, оптимального за мінімумом сумарних втрат активної потужності в елементах електричної мережі і за мінімумом фінансових витрат на пристрої КРП.

Для отримання максимального економічного ефекту при КРП доцільно від двокритеріальної задачі перейти до однокритеріального завдання — мінімізації фінансових витрат на оплату втрат електричної енергії і на установку пристроїв КРП.

У результаті оптимізаційна задача може бути сформульована у вигляді:

$$\begin{aligned} B &= c_P \tau \Delta P(Q) + 0,12 c_Q \sum_{i=1}^n Q_i = \\ &= B_{\Delta P} + B_{Q_k} \rightarrow \min \end{aligned} \quad (1)$$

за таких обмежень

$$\begin{aligned} 0 < Q_i < Q_{\max i}, i = 1, \dots, n; \\ Q_k &= \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}; \\ 0,1 \leq \operatorname{tg}(\varphi) &\leq 0,6, \end{aligned} \quad (2)$$

де c_P — тариф на електроенергію за 1 кВт·год, грн/кВт·год; τ — час максимальних втрат для електричної мережі, год; $\Delta P(Q)$ — втрати активної потужності, кВт; n — кількість вузлів, в яких можна встановити КУ; Q_i — реактивна потужність конденсаторної установки в i -му вузлі; $Q_{\max i}$ — максимально допустимий рівень реактивної потужності КУ в i -му вузлі, який обмежується споживаною реактивною потужністю вузла; Q_k — вектор потужностей КУ; c_Q — питома ціна КУ, що встановлюються, грн/кВАр.

Постановка задачі у вигляді (1) забезпечує взаємодію між «моделлю системи електрозабезпечення» і використанням «методом оптимізації». Така взаємодія може бути реалізована таким чином:

1) з використанням «методу оптимізації» формується певний варіант розв'язання задачі (вектор Q_k);

2) за допомогою «моделі системи електрозабезпечення» виконується розрахунок режиму електричної мережі, визначається критерій, перевіряються обмеження і результати передаються до «методу оптимізації»;

3) на основі отриманої оцінки поточного варіанта розв'язання задачі з використанням «методу оптимізації» формується новий варіант розв'язання задачі оптимізації з використанням отриманих даних, після чого повторюється перехід до пункту 2, поки не буде виконана умова оптимізації.

Розрахунок електричної мережі виконується за способом розрахунку потокорозподілу (Сегеда, 2009). Як «методу оптимізації» використовується алгоритм рою частинок з адаптацією, іменований в англійській літературі PSO (Particle Swarm Optimization) (Kennedy & Eberhart, 1995).

PSO широко висвітлений у літературі, але не існує єдиної схеми його опису і єдиної системи позначень, тому наведемо короткий опис за схемою, представленою у (Матренин & Секаев, 2013).

Введемо такі позначення (Матренин & Секаев, 2013): $f(X)$ — скалярна цільова функція (фітнес-функція), для якої потрібно знайти екстремальне значення; X — вектор змінних параметрів; D — область допустимих значень D , $X, D \in R[X]$; $L(X)$ — функція, що задає обмеження на X ; $|K|$ — кількість агентів популяції; $K = \{k_1, k_2, \dots, k_{|K|}\}$ — множина всіх агентів; X_{ij} — i -й агент на j -й ітерації алгоритму; X^{best} — оптимальне значення вектора змінних параметрів; f^{best} — оптимальне значення цільової функції; $\varphi(X) = f(X)$ — значення фітнес-функції в положенні X (фітнес агента).

Розв'язується задача знаходження мінімуму функції пошуку:

$$f^{\text{best}} = f(X^{\text{best}}) = \min_{X \in D} f(X). \quad (3)$$

Вектор змінних параметрів X може набувати значення з певної області D . На початку частинки розкидані випадковим чином по всій області пошуку, при

цьому кожна частинка має випадковий вектор швидкості V_{ij} . Кожна частинка в кожен момент часу характеризується значенням параметрів X з області D (координатами точки в просторі рішень) і значенням функції оптимізації $f(X)$ (привабливістю даної точки). При цьому частинка «пам'ятає» найкращу точку в просторі рішень, в якій була, і прагне до неї повернутися, але підпорядковується також закону інерції і має схильність до невеликої стохастичної зміни напрямку руху. Для зв'язку між частинками використовується так звана спільна пам'ять, завдяки якій кожна частка знає координати найкращої точки серед усіх, в яких була будь-яка частинка рою. У підсумку на рух частинки впливають такі чинники: прагнення до свого найкращого стану; прагнення до найкращого серед усіх частинок положення; інерційність; випадкові відхилення.

Робота алгоритму завершується за таких умов: при досягненні заданого числа ітерацій; при досягненні задовільного рішення; після закінчення відведеного на роботу часу.

Взаємодію рою частинок можна описати таким кортежем:

$$\{K, M, A, P, I, O\}, \quad (4)$$

де K — множина агентів (частинок); M — засіб непрямого обміну інформацією між частинками; A — правила переміщення агентів; P — параметри алгоритму; I та O — вхід і вихід рою для взаємодії із зовнішнім середовищем.

Спосіб розрахунку показників економічної ефективності $B_{\Delta P}$ та B_{Q_k} може бути будь-яким, оскільки він не залежить від використаного алгоритму оптимізації. Так само, і алгоритм оптимізації не залежить від розрахунків показників системи електрозабезпечення. Такій підхід дає змогу легко використовувати різні методи оптимізації, оскільки зміни в електричній схемі не призведуть до необхідності змінювати будь-що в реалізації оптимізаційного методу. Іншими словами, забезпечується відсутність тісної залежності між задачею оптимізації і методом її розв'язку, підвищується гнучкість підходу.

Модель для алгоритму оптимізації можна представити у вигляді чорного ящика з визначеним інтерфейсом. На вхід моделі подається вектор-стовпець Q_k , а на виході отримуються критерії $B_{\Delta P}$ та B_{Q_k} , значення $\text{tg}(\varphi)$ та B . Необхідно встановити відповідність між позицією частинки x і вектором, що задає розміщення компенсувальних пристроїв у мережі Q_k . Найпростіший спосіб — прийняти, що $x_i = Q_i$, але максимально допустиме значення потужності КУ у кожному з вузлів заздалегідь невідоме, тому неможливо попередньо визначити межі простору пошуку рішень $d_{\min 1}, d_{\max 1}, \dots, d_{\min m}, d_{\max m}$, що призводить до залежності реалізації методу оптимізації від умови задачі.

При реалізації методу розрахунку доцільно уникати тісних залежностей задачі оптимізації і методу оптимізації, щоб забезпечити гнучкість та універсальність підходу. Тому була використана така техніка: вектор X використаний не як вектор потужностей КУ, а як вектор коефіцієнтів, тож потужність кожної КУ визначалась як добуток елемента вектора X на визначену під час розрахунку максимально допустиму потужність КУ у відповідному вузлі:

$$Q_i = X \cdot Q_{i \max}. \quad (5)$$

Якщо значення X_i є близьким до нуля, тоді приймається, що КУ в i -му вузлі не буде встановлена. В результаті при описі алгоритму рою частинок можна виключити залежність межі $d_{\min 1}, d_{\max 1}, \dots, d_{\min m}, d_{\max m}$ від особливостей схеми, що оптимізується. При цьому величини набувають значення ($d_{\min i} = 0, d_{\max i} = 1, i = 1, \dots, m$). Оскільки розмірність простору пошуку рішень дорівнює кількості вузлів, що розглядаються як потенціальні місця установки, тоді n дорівнює m .

Отже, позиція кожної частинки алгоритму рою частинок визначає певний варіант розміщення КУ і їх потужності. Для кожної позиції з використанням моделі обчислюється критерій B і значення $\text{tg}(\varphi)$. Обмеження на $\text{tg}(\varphi)$ не враховуються у векторах $D_{\min}$, і $D_{\max}$, але якщо для цього варіанта розміщення КУ величина $\text{tg}(\varphi)$ не підходить під обмеження, тоді використовується метод штрафних функцій.

При цьому в описі алгоритму рою частинок не міститься залежностей від моделі задачі (1), а розрахунок за моделлю (3) не залежить від реалізації алгоритму. Врахування особливостей задачі виконується безпосередньо в процесі роботи алгоритму рою частинок завдяки його здатності досліджувати простір пошуку рішення.

Для розв'язання задач оптимізації за допомогою алгоритму рою частинок необхідна настройка параметрів. Для цього був вибраний генетичний алгоритм (ГА) (Кононюк, 2008).

Параметри алгоритму рою частинок $\{\alpha_1, \alpha_2, \omega, \beta\}$ використовуються як гени ГА, а якість отриманого на цьому наборі параметрів розв'язку задачі (6) приймається за значення функції пристосованості.

Порядок роботи отриманого адаптивного алгоритму можна представити у вигляді сукупності таких пунктів:

1. Генерація початкової популяції як набір векторів $\{\alpha_1, \alpha_2, \omega, \beta\}$, які знаходяться у межах:

$$0 < \alpha_1 < 2; 0 < \alpha_2 < 2; 0 < \omega < 1; 0 < \beta < 1.$$

2. Розв'язок задачі (6) алгоритмом рою частинок з використанням кожного з наборів параметрів. Якщо отримане рішення (варіант розміщення КУ) краще за попереднє, тоді воно зберігається в пам'яті.

3. Вибір векторів параметрів з урахуванням їх пристосованості і схрещування для отримання нової популяції (векторів). У цій задачі використовувався одноточковий кросингвер.

4. Випадкові змінювання в значеннях параметрів. Імовірність зміни одного вектора становить 15%.

5. Якщо умова завершення виконана, тоді завершення роботи, інакше перехід до пункту 2.

Найкраще рішення, збережене в пункті 2, буде розв'язком задачі оптимізації. Як умова завершення використовувалось досягнення певної кількості ітерацій ГА. В розрахунках використовувалось 40 хромосом і 100 ітерацій ГА.

Адаптація дала змогу отримати набір ефективних параметрів:

$$\{\alpha_1 = 1,2546; \alpha_2 = 1,8135; \omega = 0,71456, \beta = 0,74235\}.$$

Потім ці параметри були використані у звичайному алгоритмі рою частинок для розв'язку задачі (5).

Розрахунок компенсації реактивної потужності був виконаний для підприємства харчової промисловості. В цеху встановлені два трансформатори 10/0,4 кВ потужністю 1000 кВА. Основними споживачами є асинхронні двигуни номінальною потужністю від 0,4 кВт до 132 кВт. Живлення споживачів цеху на напрузі 0,4 кВ виконано за радіально магістральною схемою. Розрахункова схема містить 96 вузлів і 88 гілок. Розрахунок показав, що при максимальному навантаженні найбільш потужних двигунів коефіцієнт реактивної потужності становить $\text{tg}(\varphi) = 0,54$, а втрати активної потужності — $\Delta P(Q) = 55,19$ кВт. При цьому щорічні витрати на оплату втрат електричної енергії становлять $B_{\Delta P} = 0,44$ млн грн.

Розрахункові дослідження оптимальної компенсації реактивної потужності проводилися для різних поєднань значень c_P і c_Q . З точки зору окупності найгірший варіант — низький тариф на електроенергію і висока питома вартість КУ. Для цього прикладу $c_P = 3,34$ грн/кВт·год, $c_Q = 178$ грн/кВАр. Результати досліджень показали, що при розв'язанні задачі КРП оптимально виконувати глибоку компенсацію до значення коефіцієнта реактивної потужності $\text{tg}(\varphi) = 0,10$.

Для порівняння результатів глибокої компенсації і нормальної компенсації реактивної потужності був виконаний розрахунок оптимізаційної задачі (1) при обмеженнях значення коефіцієнта реактивної потужності до 0,35. Результати наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати розв'язання оптимізаційної задачі (5) для різних ступенів компенсації реактивної потужності

Глибина компенсації РП	Порівняльні параметри			
	ΔP , кВт	Витрати на оплату втрат ЕЕ $B_{\Delta P}$, млн грн	Q_k , кВАр	Витрати на КУ B_{Q_k} , тис. грн
без компенсації	58,22	0,42		
$\text{tg}(\varphi) = 0,35$	46,72	0,329	187,25	33,330
$\text{tg}(\varphi) = 0,10$	35,70	0,254	418,88	74,560

За умови компенсації реактивної потужності до значення $\text{tg}(\varphi) = 0,35$ втрати активної потужності знижуються на 21%, а при виконанні глибокої компенсації до значення $\text{tg}(\varphi) = 0,10$, втрати зменшуються на 39%. (Найменше значення $\text{tg}(\varphi) = 0,10$ прийнято за умови стійкості роботи асинхронних двигунів). Однак у цьому разі необхідно збільшити потужність компенсувальних пристроїв удвічі. Відомо, що для установки компенсувальних пристроїв необхідними є додаткові площі. Витрати на монтажні роботи будуть практично однаковими, (як для установки КУ потужністю 185 кВАр, так і для КУ потужністю 415 кВАр). Отже, очевидним є те, що вирішуючи питання компенсації реактивної потужності за допомогою конденсаторних батарей, доцільно виконувати глибоку компенсацію реактивної потужності.

Виконані розрахункові дослідження оптимізації реактивної потужності в системі електрозабезпечення району міста. Для розв'язання оптимізаційної задачі

й аналізу глибокої компенсації був обраний фрагмент електричної мережі, що складається з 42 вузлів і 56 гілок. Усі розрахунки виконувалися на рівні напруги 10 кВ.

Для мереж напругою 10 кВ максимальне значення $\operatorname{tg}(\varphi)$ обмежується величиною 0,4. Значення цієї величини не має обґрунтування, тому при дослідженні верхнє значення коефіцієнта реактивної потужності обмежувалося величиною рівною 0,6. Для міських електричних мереж серед споживачів електроенергії частка потужних трифазних асинхронних і двигунів є малою порівняно з промисловими підприємствами, тому нижнє обмеження дорівнює нулю. Тому необхідно було розв'язати оптимізаційну задачу (1), в якій встановлені обмеження за коефіцієнтом реактивної потужності:

$$0 \leq \operatorname{tg}(\varphi) \leq 0,6. \quad (6)$$

Розв'язання оптимізаційної задачі (1) показало, що практично у всіх вузлах схеми оптимально виконувати компенсацію до значення $\operatorname{tg}(\varphi) = 0$, при цьому втрати активної потужності зменшуються на 18%.

Отже, встановлено, що глибока компенсація до значення коефіцієнта реактивної потужності від 0 до 0,1 дає змогу на промислових підприємствах і в міських електричних мережах досягти найбільшого енергозбереження, що сприяє ефективно вирішувати проблему економічного зростання виробництва.

Компенсація реактивної потужності зменшує величину повної потужності, що передається елементами системи електрозабезпечення. Це дає змогу зменшити перерізи кабелів у системи електрозабезпечення. Для оцінки впливу КРП на елементи системи електрозабезпечення були виконані дослідження ступенів компенсації реактивної потужності, що забезпечують мінімізацію фінансових видатків на кабельну продукцію. В цьому випадку математична модель задачі оптимізації формулюється таким чином:

$$\begin{aligned} B &= c_P \tau \Delta P(Q) + c_v F \cdot L_k \cdot 10^3 + 0,12 c_Q \sum_{i=1}^n Q_i = \\ &= B_{\Delta P} + B_{\Delta K} + B_{Q_k} \rightarrow \min \end{aligned} \quad (7)$$

і при обмеженнях (2), де c_v — питома ціна кабельної продукції, грн/мм; F — перетин струмоведучих частини лінії, мм²; L_k — довжина лінії, м.

Аналіз перетинів кабельних ліній схеми електрозабезпечення досліджуваного цеху показав, що вони завищені на один або два рівні від їх значень за тривало допустимим струмом для забезпечення нормованого розміру втрат напруги.

Питома ціна погонного метра кабельної продукції залежить від перетину жили кабелю, яка є дискретною величиною. При проведенні досліджень питома ціна за один погонний метр кабельної лінії замінювалася питомою ціною за об'єм.

Для вирішення використовувалася багатоетапна процедура, що складалася з таких етапів:

- розрахунок струмів, напруг і втрат у мережі для аналізованого варіанта розстановки джерел реактивної потужності Q_k ;

- визначення допустимих перетинів за довготривалим допустимим струмом протікання в провіднику і розрахунок витрат на кабельну продукцію B_{AK} ;
- перевірка вибраних перетинів кабельних ліній на допустиму втрату напруги;
- перерахунок витрат на оплату втрат активної потужності B_{AP} з урахуванням нових перетинів кабелів.

Вирішення завдання проводилося для різних варіантів значень c_P і c_Q . У всіх дослідженнях при вирішенні завдання (7) визначалися оптимальні значення коефіцієнта реактивної потужності $\epsilon k_{ij} = \{X_{ij}, V_{ij}, X_{ij}^{best}\}$. У табл. 2 наведені результати розв'язку задачі (8) для найгіршого варіанта з точки зору окупності: висока питома ціна конденсаторної установки і низький тариф на електроенергію. У нашому випадку $c_Q = 178$ грн/кВАр, $c_P = 2,34$ грн/кВт·год.

Таблиця 2. Результати оптимізації значення

Глибина компенсації РП	Значення критерію (8) (B) , (млн грн)	Втрати активної потужності $\Delta P (B_{AP})$, кВт	Сумарні витрати на кабельні лінії B_{AK} , млн грн	Сумарна потужність КУ B_{Qk} , кВАр	$\text{tg}(\varphi)$
без компенсації	5,37	56,20	1,54	0	0,54
$\text{tg}(\varphi) = 0,35$	4,71	45,23	1,28	178	0,35
$0,1 \leq \text{tg}(\varphi) \leq 0,6$	4,01	34,18	1,09	428	0,10

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що глибока компенсація реактивної потужності дає змогу зменшити передану потужність, зменшуючи таким чином втрати напруги, і не збільшувати поперечні перерізи проводів живлення.

Фінансові витрати на кабельну продукцію при компенсації до значення $\text{tg}(\varphi) = 0,35$ зменшуються на 19%, а при компенсації до значення $\text{tg}(\varphi) = 0,10$ — на 29%. При компенсації до значення $\text{tg}(\varphi) = 0,10$ маса міді зменшується на 33,6%, маса алюмінію на 13,8%, а при компенсації до значення $\text{tg}(\varphi) = 0,10$ — міді на 37,4%, алюмінію на 21,2%.

При використанні кабелів меншого перетину за рахунок глибокої компенсації реактивної потужності тільки для однієї секції підстанції в атмосферу не буде викидатися 26,5 тис. кг CO_2 .

Очевидним є те, що термін окупності КРП залежить від тарифу на електроенергію, питомої вартості реактивної потужності компенсувального пристрою, початкового значення коефіцієнта реактивної потужності ($\text{tg}(\varphi)$) і вартості кабелю. В результаті проведених досліджень встановлено, що при вищих початкових значеннях $\text{tg}(\varphi)$ меншою є довжина кабельною лінії живлення, при якій вигідно виконувати глибоку компенсацію.

Оптимальні рішення, отримані з використанням алгоритму рою частинок для електроспоживачів з коефіцієнтом реактивної потужності $\text{tg}(\varphi) = 0,46$, зведені в табл. 3, при $c_P = 2,34$ грн/кВт·год.

Таблиця 3. Мінімальна довжина кабельних ліній, при яких доцільна глибока компенсація

c_Q , грн/кВАр	L_{Π} , м	$\text{tg}(\varphi)$ при L_{Π}	Термін окупності при L_{Π} , рік	$L_{ГК}$, м	$\text{tg}(\varphi)$ при $L_{ГК}$	Термін окупності при $L_{ГК}$, рік
Для кабельної лінії з алюмінієвими жилами (Al)						
160	40	0,25	4,7	70	0,10	2,7
225	45	0,30	4,7	105	0,10	2,7
340	35	0,39	4,6	300	0,15	2,3
Для кабельної лінії з мідними жилами (Cu)						
160	55	0,25	4,6	120	0,10	2,3
225	60	0,29	4,6	135	0,10	2,3
750	50	0,39	4,4	300	0,21	2,5

У табл. 3 використані такі позначення: L_{Π} — початкова довжина, при якій знаходиться оптимальне рішення компенсації реактивної потужності, а $L_{ГК}$ — довжина, при якій знаходиться оптимальне рішення глибокої компенсації до значення коефіцієнта реактивної потужності від 0,15 до 0,10. Розрахунки виконані для кабелів з алюмінієвими і мідними жилами.

Дослідження показали, що при довжині лінії 50 м і більше, для ефективного використання електричної енергії необхідно проводити компенсацію реактивної потужності. При довжині лінії живлення 100 м і більше, залежно від вартості КУ, слід проводити глибоку компенсацію реактивної потужності — від $\text{tg}(\varphi) = 0,15$ до $\text{tg}(\varphi) = 0,10$.

Висновки

Шляхом розрахункових досліджень встановлено, що для забезпечення енергоефективності та енергозбереження в системах електрозабезпечення промислових підприємств необхідно виконувати глибоку компенсацію реактивної потужності на рівні електроприймача до значення $\text{tg}(\varphi) = 0 \dots 0,1$ замість рекомендованого нормативним документом $\text{tg}(\varphi) = 0,34 \dots 0,4$. При такому рівні коефіцієнта реактивної потужності можна зменшити перетини кабелів.

Завдання компенсації реактивної потужності в системах електропостачання відрізняються дискретністю параметрів компенсувальних пристроїв і перетинів кабельних ліній, тому застосування традиційних градієнтних методів оптимізації ускладнено. Генетичний алгоритм не використовує структури даних, специфічних для досліджуваної задачі, тому робить велику кількість обчислень цільової функції для низькоефективних рішень. Для вирішення оптимізаційного завдання вибору джерел реактивної потужності доцільно використовувати модернізований алгоритм рою частинок, який дає змогу шукати глобальний мінімум на всій множині можливих значень цільової функції. При цьому вибір оптимальних значень параметрів алгоритму рою частинок і їх адаптацію для умов завдання необхідно проводити за допомогою генетичного алгоритму.

Оптимальне розміщення джерел реактивної потужності у вузлах міської електричної мережі напругою 10 кВ доцільно виконувати з використанням комбінованого методу, який об'єднує алгоритм рою частинок і розрахунок усталеного режиму мережі електрозабезпечення. Глибока компенсація реактивної

потужності на рівні електроприймачів дає змогу знизити втрати активної потужності і покращити якість електропостачання міської інфраструктури. Енергоефективність заходів глибокої компенсації реактивної потужності в системах електрозабезпечення цивільних об'єктів нижча, ніж на промислових підприємствах, що пояснюється більш розподіленням навантажень.

Література

Лоскутов, А. Б., Еремін, О. И. (2006). Компенсация реактивной мощности. Многоцелевая оптимизация компенсации реактивной мощности в электрических сетях. *Промышленная энергетика*, 6, 39—41.

Демов, А. О., Демов, О. Д., Войнаровский, А. Ж., Паламарчук, О. П. (2006). Особливості впровадження компенсувальних установок у електричні мережі споживачів у сучасних економічних умовах. *Енергетика та електрифікація*, 2, 12—15.

Лазуренко, А. П., Прохоренко, Ю. В. (2011). Современные методы и устройства компенсации реактивной мощности в бытовых системах электропотребления. *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*, 41, 83—87.

Шестеренко, В. Є., Изволенський, І. Є. (2017). Підвищення ефективності компенсації реактивної потужності в системах електропостачання. *Наукові праці НУХТ*, 23(2), 140—146.

Зорин, В. В., Буслова, Н. В. (1971). Оптимизация конденсаторных батарей в распределительных сетях по условиям режима напряжения. *Электрические сети и системы*, 8, 62—69.

Ching-Tzong Su, Cheng-Yi Lin, Ji-Jen Wong (2008). Optimal size and location of capacitors placed on a distribution system. *Wseas transactions on power systems*, 4, 247—256.

Akash, Gaurav Shah, Himnay Pratap Singh, Avinas Kumar Chauhan (2014). Importance of reactive power for distributed generation. *International journal of emerging technology and advanced engineering*, 1, 84—88.

Mekhamer, S. F., El-Hawary, M. E., Soliman, S. A., Moustafa, M. A., Mansour, M. M. (2002). New heuristic strategies for reactive power compensation of radial distribution feeders. *IEEE Transactions on power delivery*, 4, 1128—1135.

Герасименко, А. А. (2014). Выбор компенсирующих устройств в распределительных сетях электроэнергетических систем. *Электричество*, 4, 4—16.

Тульский, В. Н., Ванин, А. С., Толба Мохамед А. (2020). Оптимальное размещение батарей конденсаторов в радиальной распределительной сети. *Электричество*, 6, 16—21.

Kennedy, J., Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization In Proceedings of IEEE. *International Conference on Neural Networks*, IV, 1942—1948.

Матренин, П. В., Секаев, В. Г. (2013). Системное описание алгоритмов роевого интеллекта. *Программная инженерия*, 1, 39—45.

Кононюк, А. Ю. (2008). Нейронні мережі і генетичні алгоритми: навч. посібник. Київ: вид-во: «Корнійчук».

Сегеда, М. С. (2009). Електричні мережі та системи: підручник. Львів: вид-во НУ «Львівська політехніка».

USING THE FROZEN FRUIT AND BERRY HALF PRODUCTS IN FOOD TECHNOLOGIES

S. Kaminska, G. Simakhina, N. Naumenko, T. Martynenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Freezing
Half products
Fruit and berries
Functional ingredients
Healthy nutrition*

Article history:

Received 05.07.2021
Received in revised form
19.07.2021
Accepted 03.08.2021

Corresponding author:

G. Simakhina
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Nowadays, the food market is quite diverse by its assortment and prices. For the time being, consumers preferred the colorful and attractive foodstuffs; now, the useful properties of the foods have gained more importance. The tendency to healthy lifestyle is opening broad perspectives to include ca 800 g of fruit and berries in fresh or frozen state into Ukrainians' diet. Fruit and berries are the natural vitamin carriers with many curative and protective features characteristic to them. Macro and microelements are contained in raw fruit and berries in organically bound form that is believed to be the best available for the human organism. Whenever there is a lack of fresh raw materials (which period is lasting about 6 months), it is the frozen fruit and berry half products that become the base for production of various foodstuffs. Using the frozen fruit and berries in recipes of foods would impart the functional properties to the latter. It is especially prospective for production of foodstuffs to be constantly present in diets of Ukrainians. These are, in particular, bread and confectionery items, meat and dairy products that are harmonically compatible with fruit and berries.

The authors of the article determined the spheres of using the fruit and berry half products in food technologies and, additionally, elaborated the recipes of two functional products: "Chiasan" yoghurt fortified with chia seeds, puree of defrosted bilberries and stevia extraction, and "Nepal" isotonic drink enriched with juice of defrosted raspberries and Himalayan salt.

All the previously mentioned allowed us to draw a conclusion about the effectiveness of using the frozen half products in food technologies to increase the rate and the assortment of export-oriented foodstuffs with high biological value. Besides, the other foreseen positive effects are the obtaining of high-quality foodstuffs complying the trend of foodstuff naturalization, and provision of Ukrainians with foods for well-being.

ВИКОРИСТАННЯ ЗАМОРОЖЕНИХ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

С. В. Камінська, Г. О. Сімахіна, Н. В. Науменко, Т. А. Мартиненко
Національний університет харчових технологій

Нині продуктовий ринок досить різноманітний за асортиментом і цінами. Якщо раніше споживачі віддавали перевагу яскравим, привабливим продуктам, то сьогодні корисні властивості продукту мають більше значення. Тенденція до здорового способу життя відкриває широкі перспективи для впровадження в щоденний раціон українців 800 г плодів та ягід у свіжому або замороженому вигляді. Плоди та ягоди — це натуральні вітаміноносії, для яких характерні різні лікувально-профілактичні властивості. Макро- та мікроелементи містяться в плодово-ягідній сировині в органічно зв'язаній, тобто найбільш доступній, засвоюваній організмом формі. В період, коли немає свіжої сировини (а це понад 6 місяців щороку), саме заморожені плодово-ягідні напівфабрикати стають основою для виробництва різних харчових продуктів. Використання замороженої плодово-ягідної сировини в харчових продуктах надає їм функціональних властивостей. Це особливо перспективно при виробництві груп продуктів, які постійно є в раціоні населення. До таких продуктів масового споживання відносяться хлібобулочні та кондитерські вироби, безалкогольні напої, молочні та м'ясні продукти, які гармонійно поєднуються з плодами та ягодами.

У статті визначено сфери використання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів у харчових технологіях і розроблено рецептуру йогурту «Чіасан», збагаченого насінням чіа, пюре дефростованих ягід чорниці та екстрактом стевії, а також ізотонічного напою «Непал», збагаченого соком дефростованих ягід малини та гімалайською сіллю.

На підставі цього зроблено висновок про ефективність застосування заморожених напівфабрикатів у харчових технологіях для збільшення масової частки та асортименту експортоорієнтованих продуктів підвищеної біологічної цінності, отримання продукції високої якості, її відповідності світовому тренду натуралізації харчових продуктів і забезпечення населення України здоровим харчуванням.

Ключові слова: заморожування, напівфабрикати, плоди і ягоди, функціональні інгредієнти, здорове харчування.

Постановка проблеми. У світі зростає попит на корисні в здоровому харчуванні «суперфрукти» — плоди, які у великих кількостях містять клітковину, вітаміни, мінерали, антиоксиданти, пектини та інші нутрієнти, що допомагають організму зберігати здоров'я і молодість. В Україні наявні усі традиційні ягоди, які входять до лінійки супер-фруктів, а саме — чорниця, обліпіха, лохина, ожина, журавлина та чорноплідна горобина, на основі яких можна і далі розширювати ринок заморожених напівфабрикатів.

Забезпечення продовольчої безпеки країни, зокрема самозабезпечення плодами і ягодами, повинно досягатися не тільки підвищенням ефективності їх виробництва, а й удосконаленням технологій перероблення, підвищенням якості виробленої продукції, максимального збереження всіх цінних біокомпонентів сировини. Однак плодово-ягідна продукція має сезонний характер і низьку стійкість при зберіганні, тому найкращим методом її консервування є використання штучного холоду в усіх його модифікаціях та варіантах застосування (Українець, Сімахіна, Науменко & Камінська, 2019). Багаторічний світовий науковий і практичний досвід показав, що низькотемпературне консервування є унікальним способом зберегти при переробленні харчову та біологічну цінність рослинної сировини і продукції на її основі.

Заморожені плодово-ягідні напівфабрикати не потребують додавання штучних антиоксидантів, консервантів, барвників, інших хімічних сполук. Вони є прекрасною основою для приготування різноманітних страв, у тому числі дієтичних, низькокалорійних, для дитячого і геронтологічного харчування, відіграють велику роль у створенні в Україні індустрії здорового харчування як пріоритетного сучасного напрямку розвитку харчової промисловості в усьому світі (Стрингер & Деннис, 2004).

За останніми дослідженнями перелік позитивних ефектів плодово-ягідної сировини значно розширено (Сімахіна, 2018), що надало можливість всебічно обґрунтувати вибір плодів і ягід для заморожування, тривалого зберігання та використання в різних галузях харчової промисловості. Заморожені плодово-ягідні напівфабрикатів найбільш інтенсивно споживаються у зимово-весняний період за відсутності свіжої сировини, вони стають практично єдиним натуральним джерелом аскорбінової кислоти, біофлавоноїдів, у тому числі антоціанів, каротиноїдів та інших вітамінів-антиоксидантів, а також пектинових речовин і мінеральних елементів (Сімахіна, Стеценко & Науменко, 2016).

Тому питання більш повного використання заморожених плодів та ягід у сучасних харчових технологіях є важливою складовою і забезпечення населення якісним харчуванням, і досягнення продовольчої безпеки у сфері здорового харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливими резервами поліпшення органолептичних та якісних показників заморожених продуктів і напівфабрикатів є дотримання оптимальної температури зберігання (-18°C), використання нових пакувальних матеріалів (Богданова & Домбровська, 2018), попереднє оброблення плодів та ягід кріопротекторами (Сімахіна & Науменко, 2011) у поєднанні із «шоковим» заморожуванням (Волова, 2006), раціональні способи дефростації, що забезпечують мінімальні втрати клітинного соку (Белінська, 2009). Від зазначених чинників безпосередньо залежить також харчова та біологічна цінність страв, приготованих з заморожених напівфабрикатів в закладах ресторанного господарства чи в домашніх умовах.

Оцінка харчової та біологічної цінності заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів за такими важливими показниками, як вміст аскорбінової кислоти, біофлавоноїдів, антоціанів, цукрів, органічних кислот, харчових волокон (Петрова, 1987) дала підстави віднести самі напівфабрикати й отримані на їх-

ній основі готові вироби до високоякісних, здатних цілорічно забезпечити нутритивні потреби всіх верств населення в есенціальних мікронутрієнтах відповідно до індивідуальних фізіологічних потреб людини, в тому числі в екстремальних умовах життєдіяльності (Українець, Сімахіна, Стеценко, Науменко & Кочубей-Литвиненко, 2017).

Нині у всіх розвинених країнах питання здорового харчування є частиною національної та економічної політики. Кабінет Міністрів України видав розпорядження Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми «Здоров'я 2020: український вимір», в якому пріоритетним є збільшення виробництва оздоровчих та функціональних продуктів масового споживання для боротьби з «хворобами цивілізації», такими як цукровий діабет, ожиріння, онкологічні та серцево-судинні захворювання. Велика частка такої продукції виробляється на основі плодово-ягідної сировини, яка містить велику кількість БАР, таких як вітаміни, мінеральні елементи, біофлавоноїди, каротиноїди, органічні кислоти.

Мета дослідження: проаналізувати сфери використання плодово-ягідних напівфабрикатів, споживчий попит на них і визначити перспективи розвитку в Україні, розробити рецептури продуктів з використанням заморожених плодів та ягід з метою підвищення вмісту БАР у традиційних харчових продуктах, що сприятиме зміцненню здоров'я населення України.

Викладення основних результатів дослідження. Переваги використання заморожених напівфабрикатів для виготовлення готових страв досить різнобічні: для їх приготування потрібно вдвічі менше часу, ніж для свіжих, витрати часу зменшуються також за рахунок використання готових напівфабрикатів, особливо в упаковці, що дає змогу здійснювати їх безпосереднє розігрівання; при роботі із замороженими продуктами і напівфабрикатами значно поліпшуються санітарно-гігієнічні умови приготування їжі як у домашніх умовах, так і у сфері ресторанного господарства (Volkova, Sysoev & Makushin, 2020). Все це важливо, адже роль ресторанного господарства постійно зростає, вимагаючи пошуку нових шляхів вдосконалення якісних і органолептичних показників їжі, розширення її асортименту і гарантії абсолютної безпеки для споживачів.

Поступово зростає виробництво різноманітних дієтичних добавок. Перспективним є використання з цією метою продуктів перероблення свіжих і заморожених плодів та ягід, що містять цінні біологічно активні речовини: вітаміни, антиоксиданти, вуглеводи, органічні кислоти, пектинові речовини, макро- та мікроелементи тощо. Це надає можливість збагатити продукти есенціальними нутрієнтами, а також застосовувати їх для корегування технологічних властивостей сировини, наприклад, пшеничного борошна (Грибов & Баранова, 2013).

У сфері використання плодово-ягідної сировини в Україні намітилася яскраво виражена тенденція отримання з неї порошків, паст, екстрактів, сиропів, напівфабрикатів з високим ступенем готовності, фітобальзамів, а також продуктів з тривалим терміном зберігання. Сфера використання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів показана на рисунку.

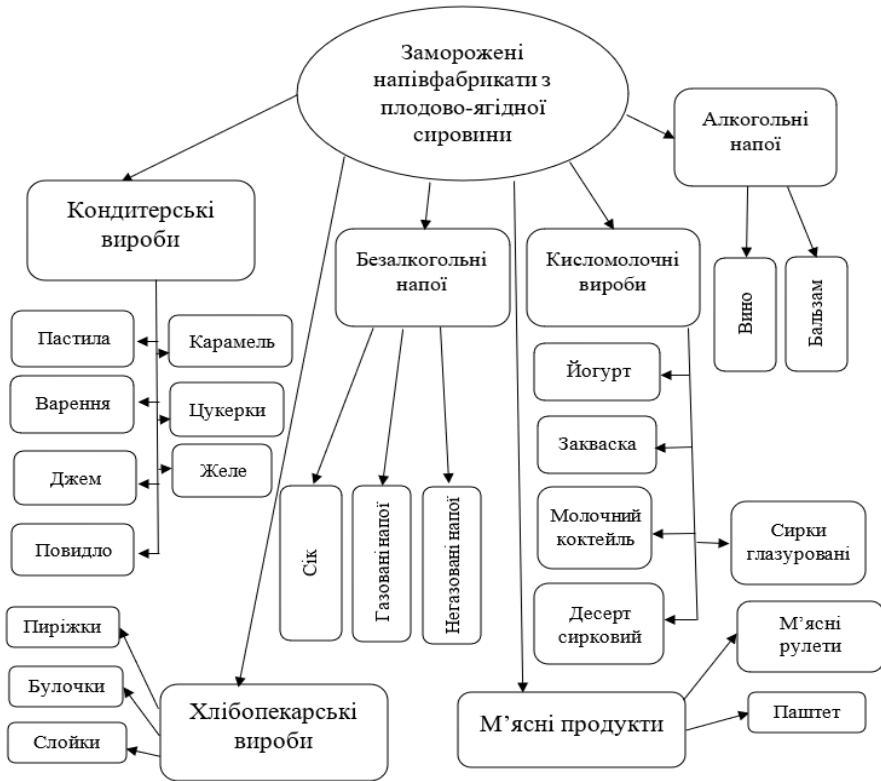


Рис. Сфери використання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів

Ефективним вбачається виробництво із заморожених плодів і ягід сиропів напівгарячим способом для максимального збереження БАР. Такі сиропи можна виготовляти впродовж року, отримуючи продукцію насиченого кольору, кисло-солодкого смаку з ароматом, властивим використовуваній сировині (Сімахіна & Халапсіна, 2016).

Серед продуктів перероблення заморожених плодів та ягід особливе місце можуть займати пастоподібні напівфабрикати-добавки у формі паст, пюре, які відносяться до функціональних продуктів. Вони є незамінними натуральними збагачувачами різних харчових основ БАР, барвниками, структуроутворювачами. Однак в Україні спостерігається їх дефіцит, який цілком реально можна ліквідувати шляхом використання заморожених напівфабрикатів. Отримані за вдосконаленою технологією із застосуванням методів кріопroteкції заморожені плоди і ягоди на 85—95% зберігають природний вміст аскорбінової кислоти, інших вітамінів, антоціанових пігментів. БАР цих напівфабрикатів виконують різні функції — і збагачувачів, і барвників, і антиоксидантів, а сама вдосконалена технологія дозволяє більш повно і на новому рівні використовувати біологічний потенціал плодово-ягідної сировини (Сиза, Савченко, Журок & Дорожинська, 2017).

Продукти перероблення заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів знайдуть широке використання на підприємствах кондитерської і хлібопекарської

галузей, особливо у вигляді порошків, які за якісними показниками переважають порошки іноземних фірм і водночас мають значно нижчу ціну. Наявність у таких порошках антиоксидантів (вітамін С, біофлавоноїди, каротиноїди) зумовлює уповільнення окисних процесів, що відбуваються під час приготування та зберігання виробів — термін зберігання продуктів збільшується (Одарченко, Кудряшов & Сюсель, 2013).

Із замороженої плодово-ягідної сировини ми пропонуємо готувати компоти, соуси, приправи, соки, протерті з цукром ягоди, маринади, ягоди в сиропі, у власному соку; солодку брусничну, чорничну, лохинову, ожиново-яблучну приправу із вмістом сухих речовин не менше 30%.

За результатами наших досліджень заморожені плоди та ягоди характеризуються високим рівнем вмісту пектинових речовин, які разом з цукрами й органічними кислотами мають хороші желуючі властивості. Тому з них можна одержувати такі желеподібні продукти, як желе, мармелад, пастилу. Чудовим десертом можуть стати заморожені плоди і ягоди в цукровій пудрі та інші кондитерські вироби при використанні ягід калини, чорниці, ожини, аронії.

Желейні страви користуються популярністю у населення всіх країн світу. Недоліком їх є те, що вони містять незначну кількість біологічно активних речовин та при їх виготовленні використовуються синтетичні барвні речовини, які часто є шкідливими для організму людини. При виготовленні желейних страв використовують, в основному, імпортні згущувачі, такі як желатин, пектин, агар, метилцелюлозу тощо. В зв'язку з цим актуальним є введення до харчових основ заморожених плодів і ягід підвищеної біологічної цінності при виготовленні желейних страв, зважаючи на їхні драглеутворюючі, барвні властивості і високий вміст БАР (Гусейнова & Даудова, 2008).

Перспективним є отримання безалкогольних напоїв з додаванням соку ожини, малини, чорниці, лохини та інших плодів і ягід. Такі напої мають природний рожево-червоний колір, приємні на смак, з легкою гіркуватістю, яка додає їм пікантності. Природні властивості заморожених ягід калини, малини, ожини (вміст глікозидів і хлорогенової кислоти) підвищують стійкість напою, його можна зберігати 16 діб при температурі 20°C.

Слід розвивати тенденцію до збагачення різних молочних продуктів плодами та ягодами. В результаті продукт має більш збалансований склад, збагачений вітамінами та мінеральними речовинами, натуральними барвниками. Прикладом цього є широкий асортимент йогуртів з додаванням соків, пюре та паст з ожини, чорниці, бузини чорної, малини, журавлини, суниці тощо. Розроблено рецептури десертів із сиру з сухим знежиреним молоком, вершковим маслом та наповнювачів з різних ягід — аронії, чорниці, ожини тощо. Оскільки результати наших досліджень показали, що за компонентним вмістом заморожені плоди і ягоди практично не відрізняються від свіжих, то до зазначених рецептур можна включати заморожені напівфабрикати.

Ми розробили рецептуру йогурту «Чіасан», збагаченого насінням чіа, пюре чорниці та екстрактом стевії. Ягоди чорниці є джерелом цінних БАР: у них містяться вітаміни А, С, Е, антоціани, флавоноїди, а також велика кількість мікроелементів, таких як цинк, мідь, селен, марганець, які мають антиоксидантну дію. Тобто чорниця є ефективним профілактичним засобом проти ракових захворювань. Харчові волокна чорниці зв'язують канцерогени, сприяючи їх швидкому виведенню з організму.

Як цукрозамінник використовували екстракт стевії, який володіє широкими корисними властивостями. Стевія допомагає впоратися з ожирінням, захворюваннями шлунка та органів шлунково-кишкового тракту, цукровим діабетом, допомагає запобігти виникненню онкологічних захворювань, здатна сповільнювати старіння клітин живого організму, зміцнювати імунітет, володіє антисептичними й антигрибковими властивостями, позитивно впливає на роботу серцево-судинної системи, нервової системи, травної системи. Стевія є низькокалорійним замінником цукру.

Насіння чіа є джерелом незамінних жирних кислот Омега-3, антиоксидантів і важливих мінералів, поєднання яких підвищує рівень енергії та запобігає розвитку захворювань. Завдяки високому вмісту харчових волокон насіння чіа належить до групи продуктів, що регулюють апетит. Цей поживний продукт подовжує відчуття ситості після вживання їжі, завдяки чому людина споживає менше калорій. Мінеральні речовини, що входять до складу цього насіння, ідеально підходять для покращення витривалості м'язів. Насіння чіа запобігає передчасному старінню не тільки шкіри, а й внутрішніх органів.

Йогурт виготовляється резервуарним способом за класичною технологією. Функціональні інгредієнти додавались на стадії сквашування молока. Рецепт розробленого йогурту вказана в табл. 1. Визначено, що внесення обраних збагачувачів не буде негативно впливати на структурно-механічні властивості готового продукту, його характеристики повністю відповідають нормативам. Технологічна схема також залишиться класичною, тільки із додаванням обраних збагачувачів (чорничного пюре, стевії та насіння чіа). Мікробіологічні показники готового продукту також відповідають показникам, зазначеним у нормативних документах.

Таблиця 1. Рецепт на 1 тону йогурту «Чіасан»

Сировина	Кількість, кг
Молоко з масовою часткою жиру 3,2%	455
Молоко знежирене	358,5
Закваска	44,5
Насіння чіа	10
Пюре чорниці	125
Екстракт стевії	2

У табл. 2 наведено вітамінний і мінеральний склад отриманого йогурту.

Таблиця 2. Вітамінний і мінеральний склад отриманого йогурту

Склад	% рец.	Вітаміни, мг/100 г							Мінеральні речовини, мг/100 г				
		P	B1	B2	B3	B6	B9	C	Fe	K	Ca	Mg	Na
Молоко	86,3	0	0,4	0,15	—	—	—	0,4	0,06	146	136	14	50
Екстракт стевії	0,2	1,1	0,02	0,01	0,4	0,03	0,07	1,6	2,4	8	7	5	1
Пюре чорниці	12,5	125	0,01	0,02	0,02	0,3	0,1	50	7,2	51	16	6	6
Насіння чіа	1	—	—	—	—	—	—	8,4	1,8	160	631	0	19

Пюре чорниці, яке міститься в йогурті, має у своєму складі високий вміст вітаміну С, який є активним антиоксидантом та має імуностимулюючу дію; насіння чіа містить велику кількість пектину, який зв'язує і виводить з організму важкі метали та радіонукліди, а також знижує вміст холестерину. Екстракт стевії — натуральний цукрозамінник, який знижує артеріальний тиск, володіє антиоксидантними, адаптогенними властивостями. Ці інгредієнти дають змогу створити продукт з високою харчовою та біологічною цінністю.

У нашій країні розроблені раціональні технології використання місцевої рослинної сировини для отримання концентратів безалкогольних напоїв.

Напої можуть бути газовані і негазовані, причому останнім віддається перевага. Наприклад, калиновий освіжаючий напій готують із соку калини з додаванням цукрового сиропу. Продукт герметично закупорюють і пастеризують, тому зберігати його можна до 2 років. Вчені розробили технології та рецептури яблучно-обліпихового, яблучно-калинового та інших напоїв. Оскільки яблучний сік порівняно бідний на вітаміни С і Р, приготування негазованих напоїв на його основі з додаванням соків дикорослих полівітамінних плодів і ягід надає можливість отримати напій, збагачений біологічно активними речовинами. Втрата вітамінів при зберіганні напоїв протягом року незначні.

Газовані напої виготовляють з додаванням соку шипшини, журавлини, чорниці, лохини та інших плодів і ягід. До них відносяться: «Лісовий букет», в рецептуру якого входять соки чорничний, журавлинний, малиновий; «Червоненька квіточка» (з соком шипшини); «Аметист» (на основі горобинового соку) та ін. Розробляються рецептури напою на екстракті калини. Напій має природний рожево-червоний колір, приємний з легкою гіркуватістю смак і аромат, які додають йому пікантності. Природні властивості калини (вміст глікозидів і хлорогенової кислоти) підвищують стійкість напою, його можна зберігати 16 діб при температурі 20°C (Сімахіна & Камінська, 2019).

У наш час актуально займатися спортом, тому зростає і попит на спортивні напої, яким властивий сильний тонізуючий ефект. Вони компенсують дефіцит води й солі, втрату поживних речовин, сприяють відновленню сил після фізичних навантажень, стимулюють роботу мозку і загальний фізичний стан. Актуальним стало включення в рецептуру спортивних напоїв таких біологічно активних добавок, як антиоксиданти й адаптогени: рослинні продукти з високим вмістом α -токоферолу. Збагачені біологічно активними речовинами напої характеризуються привабливими органолептичними властивостями, а також є низькокалорійними. Харчову цінність напоям надають цукри (глюкоза, фруктоза, сахароза тощо), а біологічну — вітаміни, мінеральні речовини, мікроелементи, органічні кислоти, білки, ефірні олії, що стимулюють процеси засвоєння їжі, позитивно впливають на діяльність нервової системи, підвищують захисні сили організму.

Ми розробили ізотонічний напій «Непал», збагачений соком малини та гімалайською сіллю. Гімалайська сіль — унікальне джерело щонайменше 25 корисних мікроелементів: в її складі залізо, калій, кальцій, магній, мідь і йод, які

збереглися в природній формі. Вони засвоюються організмом майже на 100% на клітинному рівні.

Малина містить велику кількість вітамінів (групи В, С, Е та інших), а також важливі для людського організму мінерали: магній, фосфор, натрій, залізо, кальцій. Крім того, до її складу входять пектини, цукри, поліфеноли і танін; мікроелементи, що містяться в малині, зміцнюють серцево-судинну систему, виводять з крові надлишки холестерину і позитивно впливають на серцевий м'яз.

Ізотонічний напій готується за класичною технологією виробництва безалкогольних напоїв: сік розморожених ягід малини і гімалайська сіль додаються в купаажний сироп. Рецепт на 100 дал напою наведена в табл. 3.

Таблиця 3. Рецепт на 100 дал напою «Непал»

Сировина	Витрати сировини	Вміст сухих речовин	
		%	кг
Цукор, кг	95	99,85	94,86
Гімалайська сіль, кг	3	99,9	2,9
Сік малини, кг	350	8	6,875
Вода, л	552	0	0

У табл. 4 наведено вітамінний і мінеральний склад отриманого ізотонічного напою.

Таблиця 4. Вітамінний і мінеральний склад отриманого ізотонічного напою

Склад	% рец.	Вітаміни							Мінеральні речовини				
		Р	В1	В2	В3	В6	В9	С	Fe	К	Ca	Mg	Na
Вода	55,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сік малини	35	78	0,02	0,02	0,4	0,08	0,09	49	11	119	14	15	1
Цукор	9,5	—	0,01	0,02	0,082	0,026	0,01	—	0,04	—	—	—	—
Гімалайська сіль	0,3	—	—	—	—	—	—	—	110	3,5	120	800	382

В ізотонічний напій входять солі магнію, натрію, кальцію, в ньому містяться вуглеводи, вітаміни та мікроелементи. Напій відновлює сили, підвищує тонус і працездатність організму, не містить у своєму складі синтетичних барвників, ароматизаторів і смакових добавок.

Розроблений ізотонічний напій призначений для спортсменів і людей, що піддаються інтенсивним фізичним навантаженням, він чудово втамовує спрагу і запобігає зневодненню організму.

Якщо заморожені плоди і ягоди в процесі дефростації за розробленою нами дегустаційною 5-бальною оцінкою отримали бали, нижчі 5 (Сімахіна & Камінська, 2019), то їх можна використати як для отримання вина, так і для збагачення одержаних виноматеріалів біологічно активними речовинами та поліпшення зовнішнього вигляду вина. Вважаємо за доцільне застосування соку ожини, чорниці калини, як природного барвника при виготовленні пряних десертних вин. Це значно підвищить вміст антоціанів у готовому продукті і, як результат, позитивний вплив на діяльність серцево-судинної системи.

Сфера використання швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів може включати також виробництво сухих сніданків. Із плодів та ягід готують

тонкодисперсні порошки, які додають у начинки або в оболонку подушечок пористої структури. Щоб запобігти втратам вітаміну С під час сушіння сировини і зберіганні продукції, ягідні порошки таблетують разом з аскорбіновою кислотою у кількості 7% до маси порошку (Сімахіна, Стеценко & Науменко, 2016).

Заморожені плоди і ягоди можуть поліпшувати страви з риби, м'ясних продуктів, їхні смакові властивості, підвищити засвоюваність амінокислот, позитивно впливати на структурно-механічні показники готової продукції, запобігати процесам окислення та ферментації, знизити калорійність, підвищити вітамінну цінність.

Висновки

Використання заморожених плодів та ягід, як дикорослих, так і культивованих, є досить перспективним для збагачення харчових продуктів з метою підвищення вмісту біологічно активних речовин, покращення технологічних та органолептичних властивостей продуктів, розширення асортименту продукції, забезпечення повноцінності раціону українців. Використовують заморожену плодово-ягідну сировину при виробництві напоїв, кондитерських і хлібобулочних виробів, харчових концентратів функціонального призначення, кисломолочних напоїв, м'ясних виробів і безалкогольних напоїв. Завдяки широкому спектру цінних макро- та мікроелементів, харчових волокон, органічних кислот, вітамінів, поліфенолів, введення до рецептури заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів забезпечує отримання нових продуктів для здорового харчування.

Література

- Белінська, С. О. (2009). Наукові й практичні засади розроблення рецептур і формування якості швидкозаморожених плодовоовочевих продуктів. *Харчова й переробна промисловість*, 11—12, 26—28.
- Богданова, О. А., Домбровська, О. П. (2018). Використання нетрадиційної сировини для тарного картону в харчовій промисловості. *Матеріали VII Міжн. спец. наук.-практ. конф. «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції»*, 13 вересня 2018 р. Київ: НУХТ, 109—111.
- Волова, И. Т. (2006). Передовые технологии замораживания продуктов питания. *Мясные технологии*, 6, 16—17.
- Грибова, Н. А., Баранов, Б. А. (2013). Современная технология получения замороженной ягодной продукции. *Пищевая промышленность*, 9, 32—33.
- Гусейнова, Б. М., Даудова, Т. И. (2008). Пищевая ценность и безопасность гомогенизированных замороженных смесей, приготовленных из плодов и ягод. *Вопросы питания*, 4, 77—82.
- Одарченко, Д. М., Кудряшов, А. І., Сюсель, О. О. (2013). Спосіб виробництва заморожених напівфабрикатів на основі журавлини та калини. *Східноєвропейський журнал передових технологій*, 10, 31—33.
- Петрова, В. П. (1987). *Дикорастущие плоды и ягоды*. Москва: Лесная промышленность.
- Сиза, О. І., Савченко, О. М., Журок, І. М., Дорожинська, М. В. (2017). Порошок з вичавків ягід калини в технології виробництва пшеничного хліба. *Технічні науки та технології*, 4(10), 176—188.

Сімахіна, Г. О., Камінська, С. В. (2019). Нові підходи до характеристики й оцінювання основних органолептичних показників свіжих і заморожених плодів і ягід. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 1, 72—76.

Сімахіна, Г. О. (2018). Основні показники придатності плодів та ягід до заморожування. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського*, 29(1), 73—77.

Сімахіна, Г. О., & Науменко, Н. В. (2011). *Низькі температури у технологіях оздоровчих продуктів*: монографія. Київ: Сталь.

Сімахіна, Г. О., Стеценко, Н. О., & Науменко, Н. В. (2016). *Біологічно активні речовини в харчових технологіях*: підручник. Київ: НУХТ.

Сімахіна, Г. О., Халапсіна, С. В. (2016). Отримання заморожених напівфабрикатів дикорослих ягід зі щільною покривною тканиною. *Наукові праці НУХТ*, 22(3), 198—205.

Стрингер, М., Деннис, К. (2004). *Охлажденные и замороженные продукты* / пер. с англ. Санкт-Петербург: Профессия.

Українець, А. І., Сімахіна, Г. О., Стеценко, Н. О., & Науменко, Н. В., Кочубей-Литвиненко, О. В. (2017). *Нові продукти для раціонів військовослужбовців*: монографія. Київ: Сталь.

Українець, А. І., Сімахіна, Г. О., Науменко, Н. В., & Камінська, С. В. (2019) *Заморожені плодово-ягідні напівфабрикати: якість, ефективність, безпека*: монографія. Київ: Сталь.

Volkova, A., Sysoev, V., Makushin, A. (2020). The use of wild medicinal raw materials in food production. *International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources"*. BIO Web Conf. Volume 17.

DEVELOPMENT OF A PRESCRIPTION COMPOSITION OF A LIQUID SWEETENER BASED ON STEVIA AND MALTOSE SYRUP FOR BEVERAGES

O. Hrabovska

Kyiv National University of Trade and Economics

N. Sabadash, A. Avramenko, K. Dodonova-Sudina, H. Pastukh

National University of Food Technologies

Key words:

Liquid sweetener

Stevia extract

Maltose syrup

Rheological properties

Organoleptic properties

Beverages

Article history:

Received 13.07.2021

Received in revised form
29.07.2021

Accepted 13.08.2021

Corresponding author:

N. Sabadash

E-mail:

riddle27@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the results of a study of a complex natural sweetener based on stevia extract and maltose syrup with the aim of replacing sugar in soft drinks and expanding the range of sweeteners. The overwhelming majority of non-alcoholic drinks contain a significant amount of sugar and few substances useful for the human body. Drinking drinks with sugar can spike glucose levels, increase risk of diabetes and lead to weight gain.

The aim of the work was to develop a recipe composition of a natural liquid sweetener based on stevia extract and maltose syrup and beverages recipe using the developed sweetener. Dry powdered stevia extract was used as the main carrier of sweet taste and maltose syrup (dry matter content 78%) was used to mask the taste of stevioside and provide a certain consistency to sweeteners and drinks.

The conducted studies of the organoleptic characteristics of drinks with the developed complex sweetener showed that it is most advisable to use stevia extract and maltose syrup in a ratio of 1:40. To establish the concentration of the stevioside solution and the optimal ratio of this solution and maltose syrup, rheological studies of the developed formulation compositions were carried out. Based on the analysis of experimental data, it is recommended to use a solution of powdered stevioside with a concentration of 5%, which will effectively mix it with maltose syrup and avoid transporting excess liquid. The use of the complex liquid sweetener based on stevia extract and maltose syrup to replace sugar in soft drinks allows to expand the range of beverages for special dietary consumption.

РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУРНОЇ КОМПОЗИЦІЇ РІДКОГО ЦУКРОЗАМІННИКА НА ОСНОВІ СТЕВІЇ ТА МАЛЬТОЗНОГО СИРОПУ ДЛЯ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ

О. В. Грабовська

Київський національний торговельно-економічний університет

Н. І. Сабадаш, А. Д. Авраменко, К. О. Додонова-Судьїна, Г. С. Пастух

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати дослідження комплексного натурального цукрозамінника на основі екстракту стевії і мальтозного сиропу з метою заміни цукру в безалкогольних напоях і розширення асортименту цукрозамінників. Безалкогольні напої в переважній більшості містять значну кількість цукру та обмаль корисних для організму людини речовин. Вживання солодких напоїв може викликати різке підвищення рівня глюкози, що збільшує ризик розвитку цукрового діабету і призводить до набору зайвої ваги.

Розроблено рецептурну композицію натурального рідкого цукрозамінника на основі екстракту стевії і мальтозного сиропу та рецептуру безалкогольного напою з використанням розробленого цукрозамінника. Використовували сухий порошкоподібний екстракт стевії як основний носій солодкого смаку і мальтозний сироп (вміст сухих речовин 78%) для маскування присмаку стевіозиду та надання певної консистенції цукрозаміннику і напоям.

Проведені дослідження органолептичних показників безалкогольних напоїв з розробленим комплексним цукрозамінником показали, що найдоцільніше використовувати екстракт стевії і мальтозний сироп (СР=78%) у співвідношенні 1:40. Для встановлення концентрації розчину стевіозиду й оптимального співвідношення цього розчину та мальтозного сиропу проведено реологічні дослідження розроблених рецептурних композицій. На основі аналізу експериментальних даних рекомендовано використовувати розчин порошкоподібного стевіозиду концентрацією 5%, що дасть змогу ефективно змішувати його з мальтозним сиропом та уникнути транспортування зайвої рідини. Використання комплексного рідкого цукрозамінника на основі екстракту стевії і мальтозного сиропу для заміни цукру в безалкогольних напоях дає змогу розширити асортимент напоїв для спеціального дієтичного споживання.

Ключові слова: *рідкий цукрозамінник, екстракт стевії, мальтозний сироп, реологічні властивості, органолептичні властивості, безалкогольні напої.*

Постановка проблеми. Цукор є одним із основних харчових продуктів населення. Проте надмірне споживання цукру дуже часто пов'язане з ростом числа захворювань на діабет, ожиріння, а також із розмноженням бактерій, що викликають псування зубів і хвороби кишечника, а також пригнічує імунну систему.

Саме тому уряди різних країн законодавчо обмежують вміст цукру в найбільш уживаних продуктах харчування. За кордоном розробляють і впровад-

жують у виробництво нові види цукрозамінників, що містять у своєму складі корисні для організму людини поживні речовини.

Промисловість напоїв останні двадцять років приділяла велику увагу розробці напоїв зі зниженою калорійністю, так званих легких, дієтичних напоїв. Використання підсолоджувальних речовин з високим ступенем солодкості для приготування напоїв має обмежену здатність до відтворення «чистого» смаку сахарози і надає неприємного присмаку напоям. Перевага в пошуку підсолоджувальних речовин для заміни цукру в напоях надається речовинам рослинного походження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед рослин, які містять солодкі речовини, значну зацікавленість викликає *Stevia rebaudiana* Bertoni, батьківщина якої Південна Америка, Парагвай (Роїк & Кузнєцова, 2013; Роїк, Кузнєцова & Захарович, 2015). У нативній формі стевія солодша за цукор приблизно в 15—20 разів. Це пояснюється наявністю в її хімічному складі комплексу дитерпенових глікозидів. Еквівалент солодкості суми дитерпенових глікозидів, які містяться в листях стевії й отримали назву «стевіозиди», в середньому складає 300 од (Ranjan, Jaiswal & Jitendra, 2011). Стевіозид (E960) — природний підсолоджувач не вуглеводної природи.

Основні переваги дитерпенових глікозидів: солодкий смак, практично нульова енергетична цінність, стійкість при нагріванні та довготривалому зберіганні, вплив кислот і лугів, незасвоєння мікроорганізмами, добра розчинність у воді, невелике дозування, нешкідливість при довготривалому вживанні, участь у процесі обміну речовин без застосування інсуліну, оскільки вони нормалізують рівень глюкози в крові (Подпоринова, Верзилина & Полянский, 2005; Kuznesof, 2007; Катаев, 2010; Кузнєцова, 2012; Khalid et al., 2021).

На відміну від цукру, стевіозид не вступає в реакції меланоїдиноутворення і не викликає потемніння продукту в процесі виробництва та зберігання. Він не зброджується мікроорганізмами, підкреслює ароматичні властивості сировини, створює насиченість смаку в продукті. Саме тому екстракт стевії широко використовують у виробництві різних харчових продуктів, зокрема безалкогольних напоїв, хлібобулочних, кондитерських, молочних і дієтичних виробів тощо (Kuznetsova, 2014; Роїк, Кузнєцова & Захарович, 2015; Chughtai et al., 2020; Gonzalez et al., 2014).

Проте, незважаючи на ряд вагомих переваг та високу солодкість, екстракти стевії мають специфічний гіркий присмак, через що при застосуванні їх у виробництві безалкогольних напоїв виробник стикається з проблемою його маскування. Тому існує потреба в методах поліпшення сенсорних характеристик низькокалорійних напоїв шляхом використання композицій цукрозамінників. Виробники харчових продуктів надають перевагу готовим композиціям цукрозамінників, завдяки використанню яких досягається оптимальне співвідношення між ступенем солодкості, ціною і технологічними характеристиками (Nazira et al., 2019; Saraiva et al., 2020; Agullo et al., 2015).

Використовуючи композиції підсолоджувальних речовин, можна не лише поліпшити їхні смакові якості, а й знизити витрати завдяки проявленню синергетичного ефекту — взаємного підсилення властивостей. «Якісний» синергізм проявляється у поліпшенні смаку в разі використання кількох під-

солодджувальних речовин замість однієї. «Кількісний» синергізм — взаємне підсилення ступеня солодкості різних підсолодджувальних речовин (Nazira at al, 2019; Saraiva at al., 2020; Agullo at al. 2015; Есаулко, Кривенко, Войсковой, Стародубцева, Жабина & Донец, 2011; Kregiel, 2015).

Для маскування неприємного смаку стевіолглікозидів у виробництві газованих напоїв використовували суміші екстракту стевії з аспартамом або сахарином (патент США № 4956191), проте ці напої органолептично менш привабливі, ніж їх аналог з цукром. Патент JP S52120171 описує підсолоджувач стевіолового глікозиду зі зниженим неприємним присмаком для харчових продуктів, приготовлений шляхом додавання натурального цукру, такого як мальтоза.

Останніми роками за кордоном мальтоза широко застосовується у виробництві продуктів дієтичного харчування, а також у медицині. Останні дослідження вчених показали, що мальтоза не викликає карієсу зубів (Rezende & Hashizume, 2018). Чиста мальтоза ($C_{12}H_{22}O_{11}$) більш волого- та термостійка порівняно із глюкозою та сахарозою, має кращу консервувальну дію.

Висока енергетична цінність і швидка засвоюваність мальтози визначили виключну роль мальтозних продуктів у харчовому раціоні людини. На відміну від інших цукрів мальтоза майже не підлягає бродінню в кишечнику, тому не викликає метеоризму. Вона швидко гідролізується до глюкози, всмоктується стінками кишечника та, перетворюючись у фосфати, надходить у кров.

Мальтозу не можна використовувати як компонент у продуктах діабетичного призначення. Але в комбінації з полісахаридами, що мають низький глікемічний індекс (ГІ), гідроліз яких в організмі відбувається повільно і надходження глюкози в кров здійснюється поступово, мальтозу використовують в продуктах спортивного спрямування (Crow, Kumar & Varela, 2012).

Мальтозні сиропи, отримані шляхом ферментативного гідролізу крохмалю, є цінними харчовими продуктами, більш солодкими і менш в'язкими порівняно зі звичайною карамельною патокою, мають приємний ненав'язливий солодовий запах, чим вигідно відрізняються від карамельної патоки.

Мальтозні сиропи відповідають вимогам, які висувають до замінників цукру при виробництві продуктів дитячого харчування, оскільки сахароза і глюкоза можуть бути алергенами.

Мальтозний сироп не має стороннього присмаку, позитивно впливає на смак і в'язкість готових виробів. Також мальтозні сиропи не гігроскопічні, термостабільні, не кристалізуються при зберіганні, менш схильні до потемніння, порівняно з карамельною патокою, тому придатні для використання в композиції підсолоджувальних речовин, що особливо важливо для подальшого виробництва прозорих безалкогольних напоїв (Radeloff & Beck, 2014).

Таким чином, розроблення рецептурної композиції натурального рідкого цукрозамінника на основі екстракту стевії та мальтозного сиропу є актуальним. З метою досягнення якісного синергізму задля зменшення або повного усунення гіркоти у післясмаку екстракту стевії, було використано мальтозний сироп, що містить близько 46% мальтози до маси редукувальних речовин сиропу.

Мета статті: розробити рецептурну композицію натурального рідкого цукрозамінника на основі екстракту стевії і мальтозного сиропу для використання в технології безалкогольних напоїв.

Матеріали і методи. Використовували сухий порошкоподібний екстракт стевії марки «Pure Circle», мальтозний сироп з масовою часткою сухих речовин (СР) 78%, цукор білий, лимонну кислоту, ароматизатори натуральні «яблуко», «м'ята».

Концентрацію цукрозамінника визначали за масовою часткою сухих речовин (СР) рефрактометричним методом, рН — потенціометрично.

Дослідження реологічних властивостей комплексного цукрозамінника проводили на віскозиметрі типу «РЕОТЕСТ-2» за температури навколишнього середовища 20°C. Ротаційний метод (Гуськов, Мачихин, Мачихин & Лунин, 1970) ґрунтується на вимірюванні в'язкості матеріалу, який розташовують між двома одновісними поверхнями і піддають деформації зсуву. Реологічні дослідження проводили в трьох повторях.

На основі отриманих експериментальних даних побудовані залежності швидкості деформації від напруги зсуву (криві плинності) та залежності в'язкості від напруження зсуву (криві в'язкості). Із реологічних кривих плинності та в'язкості знаходили такі реологічні параметри та їх співвідношення (Гуськов, Мачихин, Мачихин & Лунин, 1970):

η_0, η_m — найбільша та найменша ефективна в'язкість;

$\eta_0 - \eta_m$ — величина аномалії в'язкості, характеризує міцність коагуляційних структур, які утворюються у системі;

P_m — верхня межа плинності (напруга практично зруйнованої структури), характеризує міцність утвореного структурного каркасу;

P_{k1} — умовна статична межа здатності до плинності (напруження, нижче якої відсутні пластичні деформації або вони дуже малі), відповідає значенню напруги при якому починається течія;

P_{k1}/η_0 — відношення умовної статичної межі плинності до сталої в'язкості; це відношення є мірою здатності до пластичних деформацій; чим воно вище, тим більш пластична система у стані зруйнованих структур;

Для розроблення складу комплексного цукрозамінника і рецептури безалкогольного напою із комплексним цукрозамінником використовували базову рецептуру напою наведену в табл. 1.

Таблиця 1. Рецептура безалкогольного напою «Яблуко–лимон–м'ята»

Компонент рецептури	Кількість речовини на 1000 мл напою, г
Цукор білий	90,5
Яблучний сік концентрований	10
Лимонний сік концентрований	3
Лимонна кислота	2,11
Аскорбінова кислота	0,1
Ароматизатор натуральний «яблуко»	0,3
Ароматизатор натуральний «м'ята»	0,6
Вода пом'якшена	893,39

На основі рецептури напою «Яблуко-лимон-м'ята» (табл. 1) за коефіцієнтами солодкості речовин було розраховано необхідне співвідношення екстракту стевії та мальтозного сиропу для заміни цукру в рецептурі напою.

Розрахунок ступеня солодкості комплексного цукрозамінника. Для розрахунку солодкості комплексного цукрозамінника користувалися даними про солодкість окремих підсолоджувальних речовин, представлених у табл. 2.

Таблиця 2. Ступінь солодкості підсолоджувальних речовин

Підсолоджувальна речовина	Ступінь солодкості
Мальтозний сироп	0,46
Екстракт стевії	300
Цукор білий	1

Витрати підсолоджувальних речовин та їхніх композицій розраховували виходячи з їх коефіцієнтів солодкості, а потім уточнювали за результатами сенсорного аналізу. Необхідну кількість підсолоджувачів для приготування комплексного цукрозамінника (г), розраховували за формулою:

$$П = C/K_c, \quad (1)$$

де: С — кількість замінюваного цукру, г; К — коефіцієнт солодкості (сахарозний еквівалент).

Розраховане за коефіцієнтами солодкості співвідношення мальтозного сиропу й екстракту стевії представлено у табл. 3. Згідно з експериментальними даними заміна 40—50% сахарози на екстракт стевії з додаванням мальтозного сиропу дає змогу отримувати напої з солодким смаком без відчуття гіркоти, притаманного екстракту стевії.

Таблиця 3. Розрахунок співвідношення мальтозного сиропу і екстракту стевії за коефіцієнтами солодкості відповідно до вмісту цукру за базовою рецептурою

№ досліджу	Екстракт стевії, г	Солодкість у сахарозному еквіваленті	Мальтозний сироп, г	Солодкість у сахарозному еквіваленті
1	0,15	45,25	98	45,25
2	0,138	41,28	107	49,22
3	0,133	39,9	110	50,6
4	0,127	38,1	114	52,4
5	0,12	36,5	117	54

Приготування напоїв із комплексним цукрозамінником для органолептичних досліджень. Для дослідження органолептичних показників напоїв цукрозамінник готували змішуванням екстракту стевії і мальтозного сиропу згідно з табл. 3. Композиція обох речовин у різних пропорціях надає можливість підібрати оптимальну солодкість для будь-якого продукту. До наважки мальтозного сиропу додавали ту кількість екстракту стевії, що була розрахована для заміни 90,5 г сахарози (за базовою рецептурою) за коефіцієнтами солодкості.

Готували п'ять зразків безалкогольних напоїв за базовою рецептурою (табл. 1) з повною заміною цукру на комплексний цукрозамінник, що має різне співвідношення екстракту стевії і мальтозного сиропу (табл. 3). Оскільки для безалкогольних напоїв регламентований вміст сухих речовин знаходиться у межах 10,7...11,2% (10,7% для напою «Coca-Cola», 11,2% — «Живчик»),

відповідного вмісту сухих речовин досягали за рахунок заміни цукру мальтозним сиропом і зменшенням кількості води в рецептурі напою.

За еталон було взято напій із цукром за базовою рецептурою (табл. 1), також для порівняння приготували напій із повною заміною цукру на екстракт стевії. Органолептичну оцінку якості приготованих напоїв проводили методом сенсорного аналізу із залученням групи дегустаторів.

Для оцінювання органолептичних показників було опитано експертну групу в складі 7 осіб. Члени експертної групи перебували в однакових умовах у приміщенні з температурою повітря (20±2)°C. Основними дескрипторами оцінки якості зразків безалкогольних напоїв були: прозорість, колір, смак, аромат (табл. 4).

Органолептичну оцінку отриманих дослідних зразків проводили в балах, керуючись семибальною шкалою за показниками, представленими в табл. 4.

Таблиця 4. Балова оцінка безалкогольних напоїв

Показник якості	Органолептична характеристика безалкогольних напоїв	Балова оцінка
Прозорість, зовнішній вигляд	Прозорий, з блиском	5 (відмінно)
	Прозорий, без блиску	4 (добре)
	Володіють слабкою опалесценцією	3 (задовільно)
	Проявляють сильну опалесценцію	2 (незадовільно)
	Непрозорі напої з м'якоттю, колір яких відповідає цьому виду напою	7 (відмінно)
Колір	З яскраво вираженим кольором, що відповідає кольору плодів, з яких вироблений напій, або таким, що характерний для цього виду напою	6 (відмінно)
	З достатньо вираженим кольором, що відповідає кольору плодів, з яких вироблено напій, або таким, що характерний для цього виду напою	5 (добре)
	Колір менш виражений, відповідає кольору плодів, з яких вироблено напій, або таким, що характерний для цього виду напою	4 (задовільно)
	Колір не відповідає назві напою	2 (незадовільно)
	Непрозорі напої з м'якоттю, колір яких відповідає цьому виду напою	7 (відмінно)
Смак	Характерний повний смак, що яскраво виражений і відповідає цьому напою	7 (відмінно)
	Хороший смак, який відповідає цьому напою	5 (добре)
	Слабкий аромат, але такий, що відповідає цьому напою	4 (задовільно)
	Сторонні ноти в ароматі, що не відповідають цьому напою	2 (незадовільно)
Аромат	Характерний аромат, що яскраво виражений і відповідає цьому напою	7 /відмінно)
	Хороший аромат, який відповідає цьому напою	5 (добре)
	Недостатньо виражений смак, але такий, що відповідає цьому напою	4 (задовільно)
	Погано виражений смак, що не відповідають цьому напою	2 (незадовільно)

На основі оцінок, отриманих під час сенсорного аналізу готових безалкогольних напоїв із комплексним цукрозамінником, було побудовано зведену таблицю середніх оцінок кожного зразка.

Порівняння й оптимізацію органолептичних властивостей напоїв з комплексним цукрозамінником здійснювали шляхом побудови багатокутника якості.

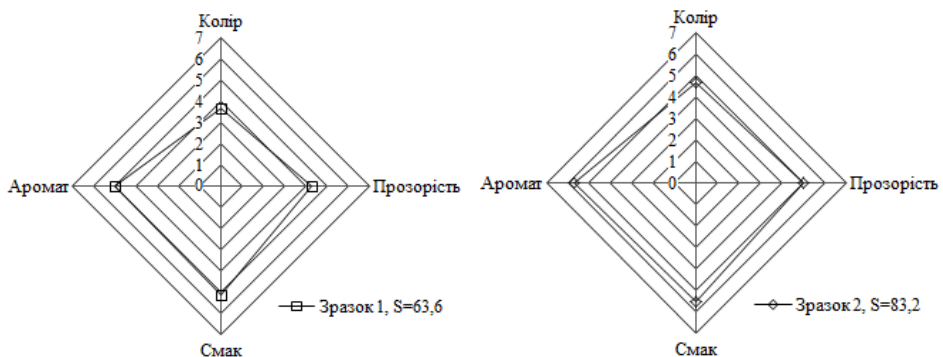
Приготування зразків комплексного цукрозамінника. Для дослідження реологічних показників рідкого цукрозамінника готували розчини екстракту стевії концентрацією 1, 5, 10%. Для приготування цукрозамінника кількість розчину стевіозиду відповідної концентрації розраховували відповідно до вмісту сухого екстракту стевії, як у досліді 3 (табл. 3). Мальтозний сироп (78% СР) додавали до розчину стевіозиду різної концентрації у кількості 110 г, що відповідає зразку 3 (табл. 3).

Результати і обговорення. *Органолептична оцінка якості безалкогольних напоїв з комплексним цукрозамінником при різному співвідношенні екстракту стевії і мальтозного сиропу.* Метою дослідження було визначення органолептичних показників безалкогольних напоїв з оцінюванням їх у балах. Органолептичні показники досліджуваних зразків напоїв визначали методом сенсорного аналізу та шляхом дегустації з бальною оцінкою за сумою органолептичних показників.

На основі оцінок, отриманих під час сенсорного аналізу готових безалкогольних напоїв, приготовлених згідно з базовою рецептурою (табл.1), із заміною цукру на комплексний цукрозамінник при різному співвідношенні порошкоподібного екстракту стевії та мальтозного сиропу (згідно табл. 3), було побудовано зведену таблицю середніх оцінок кожного зразка (табл. 5).

Таблиця 5. Усереднені оцінки показників якості безалкогольних напоїв, приготовлених із комплексним цукрозамінником

Номер зразка	Назва показника			
	Колір	Прозорість	Смак	Аромат
1	3,71	4,29	5,14	5,00
2	4,71	5,00	5,57	5,71
3	5,29	4,86	6,57	6,0
4	5,29	5,14	5,71	5,86
5	3,86	4,36	4,71	5,00
6 (контроль)	4,86	4	5,57	5
7 (зі стевією)	3,86	4,14	2,86	3,57



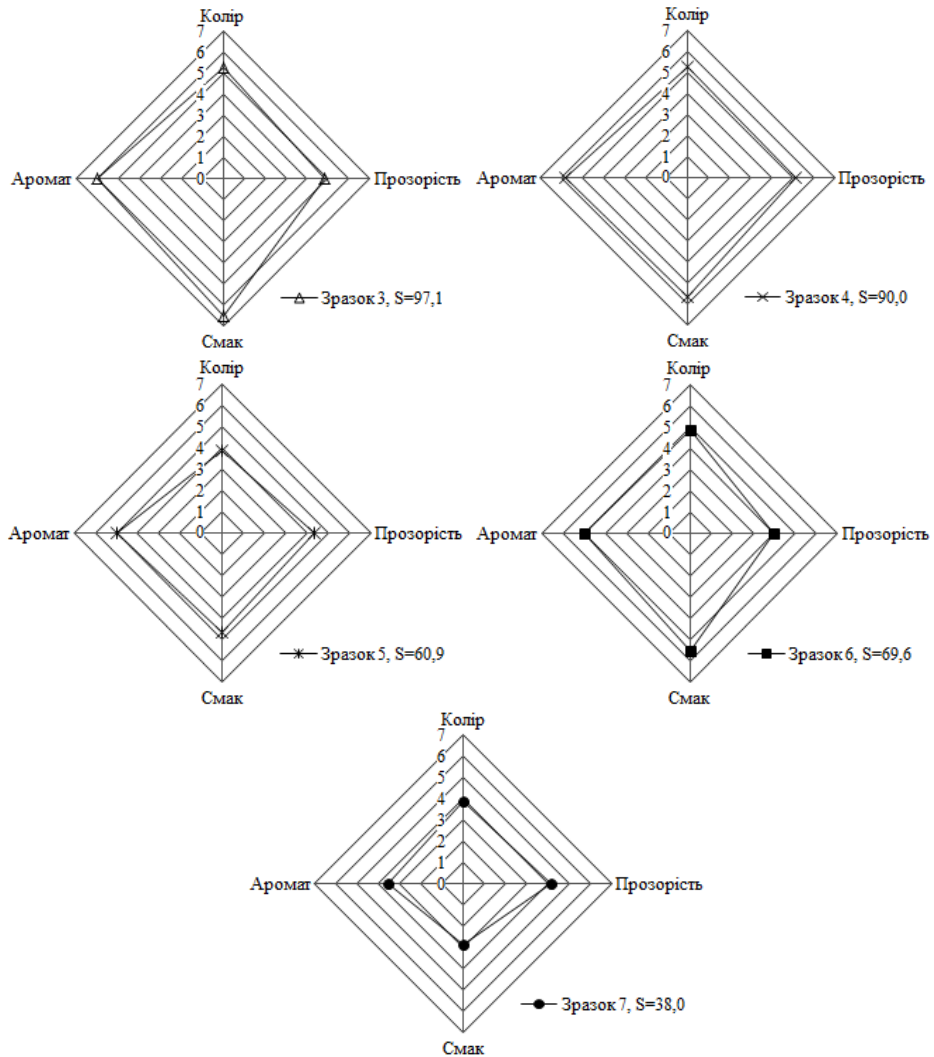


Рис. 1. Профілограми якісної оцінки зразків напоїв з комплексним цукрозамінником при різному співвідношенні екстракту стевії і мальтозного сиропу

Якість напоїв можна оцінити за площею багатокутників якості, побудованих за даними табл. 5. Найбільшу площу має багатокутник якості зразка номер 3 (рис. 1). Встановлено, що для приготування безалкогольного напою на основі стевії і мальтозного сиропу, для досягнення гармонійного смаку слід у рецептурі замінити цукор на комплексний цукрозамінник: 44% солодкості цукру має становити екстракт стевії і 56% — мальтозний сироп (СР=78%). Проте введення підсолоджувальних речовин окремо при приготуванні напою пов'язане з труднощами точного дозування і розчинення речовин.

Реологічна оцінка комплексного цукрозамінника з екстрактом стевії та мальтозним сиропом залежно від концентрації розчину стевіозиду. Екстракт стевії надходить у виробництво в порошкоподібному вигляді, є нерозчинним

у мальтозному сиропі, а тому потребує попереднього розчинення у воді. З метою визначення оптимальної концентрації розчину стевіозиду для введення його у мальтозний сироп було проведено реологічні дослідження комплексного цукрозамінника.

У ході досліджень було підготовлено три зразки водних розчинів порошкоподібного екстракту стевії різної концентрації: 1, 5 і 10%. Для приготування комплексного цукрозамінника використано співвідношення екстракту стевії і мальтозного сиропу, як у досліді 3 (табл. 3). Напій, приготовлений при такому співвідношенні підсолоджувальних речовин, отримав найвищу органолептичну оцінку. Необхідну кількість розчину стевіозиду кожної концентрації розраховували, щоб вміст у ньому стевіозиду становив 0,133 г. Мальтозний сироп брали у кількості 110 г для усіх концентрацій розчинів стевіозиду (табл. 3, дослід 3). Після ретельного змішування розчинів стевіозиду з мальтозним сиропом проводили вимірювання реологічних характеристик зразків.

За даними, отриманими на приладі «Реотест-2», будували реологічні криві залежності градієнта деформації та в'язкості системи від напруги зсуву (рис. 2, 3).

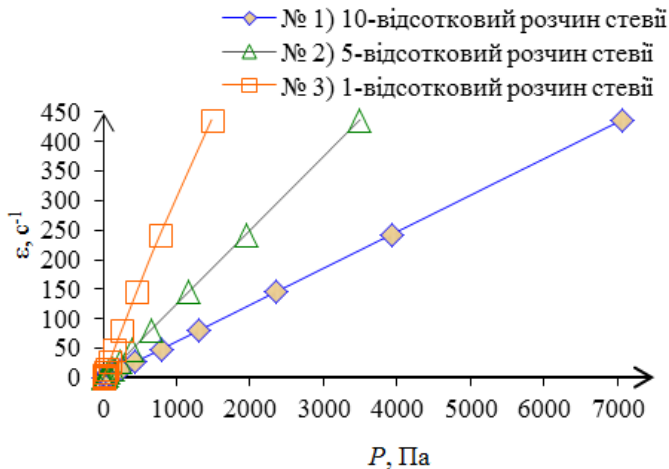


Рис. 2. Реологічні криві плинності комплексного цукрозамінника за різної концентрації розчину стевіозиду: 1%, 5%, 10%

Після аналізу реологічних кривих плинності (рис. 2) визначали реологічні параметри, які характеризують умовну статистичну межу плинності P_{k1} , верхню межу плинності або межу міцності системи P_m .

Із кривих в'язкості (рис. 3) було визначено найбільшу (η_0) і найменшу ефективну в'язкість (η_m) та їх різницю ($\eta_0 - \eta_m$), що характеризує величину аномалії в'язкості і міцність утворених структурованих систем.

З аналізу реологічних кривих (рис. 2, 3) видно, що найбільший діапазон напружень, у якому спостерігається руйнування структури, встановлено для зразка № 1 комплексного цукрозамінника з розчином стевіозиду концентрацією 10%.

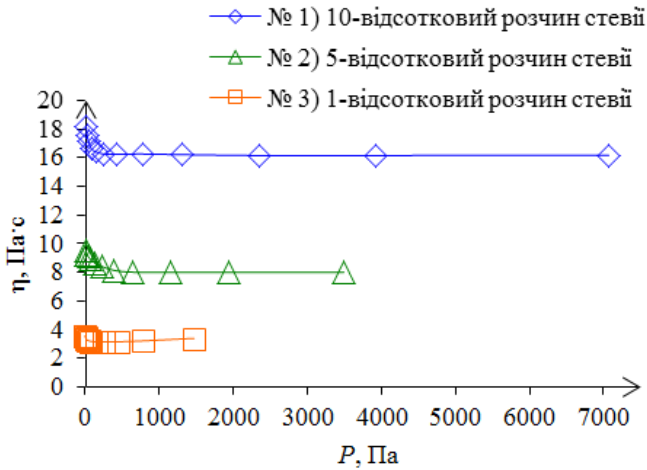


Рис. 3. Реологічні криві в'язкості комплексного цукрозамінника за різної концентрації розчину стевіозиду: 1%, 5%, 10%

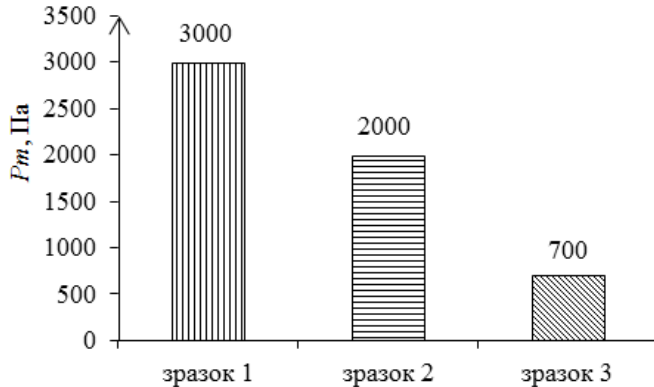


Рис. 4. Характеристика міцності утвореного структурного каркасу рідкого цукрозамінника залежно від концентрації розчину стевіозиду (зразок 1 — 10%; зразок 2 — 5%; зразок 3 — 1%)

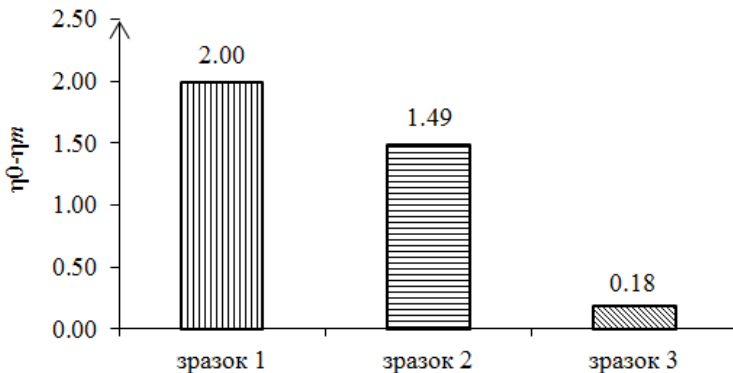


Рис. 5. Залежність показника, що характеризує міцність коагуляційних структур рідкого цукрозамінника від концентрації розчину стевіозиду (зразок 1 — 10%; зразок 2 — 5%; зразок 3 — 1%)

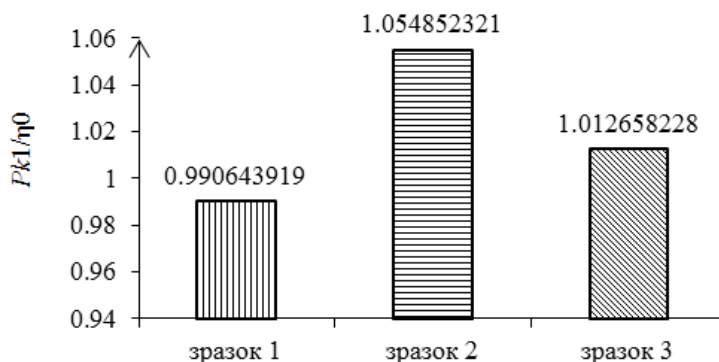


Рис. 6. Залежність показника, що характеризує здатність до пластичної деформації рідкого цукрозамінника залежно від концентрації розчину стевіозиду (зразок 1 — 10%; зразок 2 — 5%; зразок 3 — 1%)

Аналіз отриманих реологічних кривих показав, що всі зразки комплексного цукрозамінника з екстрактом стевії та мальтозним сиропом утворюють рідко-подібні неньютонівські структуровані системи. Найміцніший структурний каркас (рис. 4) та найбільш міцна надмолекулярна коагуляційна структура рідкого цукрозамінника (рис. 5) утворюються в зразку № 1, а здатність до пластичної деформації у цього зразка найменша, що є небажаним, оскільки ускладнює дозування цукрозамінника у виробництві безалкогольних напоїв. У зразку № 3, навпаки, утворюється занадто слабка надмолекулярна структура і структурний каркас. Для уникнення транспортування зайвої рідини і більш ефективного змішування рецептурної суміші напою найкращим є зразок № 2, у якому використовували розчин стевіозиду концентрацією 5%.

На підставі проведених досліджень було розроблено рецептуру безалкогольного напою без цукру з використанням натурального комплексного цукрозамінника.

Таблиця 6. Рецептура безалкогольного напою «Яблуко–лимон–м'ята» з комплексним цукрозамінником

Компонент рецептури	Кількість речовини на 1000 мл напою, г
Натуральний цукрозамінник:	
Розчин стевіозиду (5%)	2,7
Мальтозний сироп (78% СР)	110
Яблучний сік концентрований	10
Лимонний сік концентрований	3
Лимонна кислота	2,11
Аскорбінова кислота	0,1
Ароматизатор натуральний «яблуко»	0,3
Ароматизатор натуральний «м'ята»	0,6
Вода пом'якшена	871,19

Висновок

Розроблено рецептурну композицію натурального рідкого цукрозамінника на основі порошкоподібного екстракту стевії і мальтозного сиропу, який про-

понується для використання в технології безалкогольних напоїв для спеціального дієтичного споживання. Для приготування цукрозамінника рекомендовано використовувати розчин стевіозиду концентрацією 5% і мальтозний сироп (СР=78%) у співвідношенні 1:40. Використання комплексного цукрозамінника надає можливість розширити асортимент напоїв для спортсменів, дитячого та спеціального дієтичного споживання.

Література

Гуськов, К., Мачихин, Ю., Мачихин, С. & Лунин, М. (1970). *Реология пищевых мас*. М.: Пищевая промышленность.

Есаулко, Н. А., Кривенко, А. А., Войсковой, А. И., Стародубцева, Г. П., Жабина, В. И., Донец, И. А. (2011). Использование стевии для улучшения качества и удлинения сроков хранения хлебобулочных изделий. *Вестник АПК Ставрополя*, 4(4), 7—10.

Катаев, В. Е. (2010). *Антитуберкулезная активность гликозидов растения stevia rebaudiana и их производных*. Химия и медицина: VIII Всероссийская конференция с международным участием. Уфа: АН РБ, Гилем.

Кузнєцова, І. В. (2012). Значення поліненасичених жирних кислот стевії у харчових продуктах спеціального призначення. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*, (17), 114—117.

Подпоринова, Г. К. (2003). Разработка технологии получения концентрата сладких веществ стевии. (Десерт. на соискание степени к.с.-г.н.). Воронеж. гос. аграр. ун-т им. К. Д. Глинки, Воронеж.

Подпоринова, Г. К. (2006). Экологические аспекты производства и переработки стевии. (Десерт. на соискание степени д.с.-х.н.). Воронеж. гос. аграр. ун-т им. К. Д. Глинки, Воронеж.

Подпоринова, Г. К., Верзилина, Н. Д., Полянский, К. К. (2005). Изучение химического состава стевии. *Пищ. пром-сть*, 7, 68.

Роїк, М. В., Кузнєцова, І. В., Захарович, В. Б. (2015). Виробництво і використання стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*). *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 21(1), 202—207.

Роїк, М. В., Кузнєцова, І. В. (2013). *Стевія (Stevia rebaudiana Bertoni) — перспективний високоінтенсивний підсолоджувач*. Шляхи диверсифікації виробництва продукції на цукрових заводах України: Міжнародна науково-технічна конференція цукровиків України. Київ: тези доповіді.

Семёнова, Е. Ф., Веденеева, А. С., Жужжалов, Т. П. (2010). Скрининг антимикробной активности жидких экстрактов стевии ребо (*Stevia rebaudiana Bertoni*). *Вестник ВГУ, Серия: химия, биология, фармация*, (1), 121—126.

Agullo V., Garcia-Viguera C., Dominguez-Perles R. (2021). The use of alternative sweeteners (sucralose and stevia) in healthy soft-drink beverages, enhances the bioavailability of polyphenols relative to the classical caloric sucrose. *Food Chemistry*, 370, 1—28.

Azofeifa, A. M. G., Van Bokkelen, R. (2014). JP S52120171. France: European patent.

Chughtai, M. F. J.r, Pashab, I., Zahoorb, T., Khaliqa, A., Samreen, A., Wuc, Z., Nadeemd, M., Mehmooda, T., Amire, R. M., Yasminf, I., Liaqata, A., Tanweer, S. (2020). Nutritional and therapeutic perspectives of *Stevia rebaudiana* as emerging sweetener; a way forward for sweetener industry. *CYTA — Journal of food*, 18(1), 164—177.

Crow, R. R., Kumar, S., Varela, A. F. (2012). *Dietary sugars: Chemistry, analysis, function and effects edition: food and nutritional components in focus* (No. 3, pp. 101—114). Publisher: Royal Society of Chemistry.

Gonzalez, C., Tapia, M., Perez, T., Palett, D., Dornier, M. (2014). Main properties of steviol glycosides and their potential in the food industry: a review. *Fruits*, 69(2), 127—141.

Khalid, W., Rehman, A., Irfan, M., Jha, R. P., Khalid1, M. Z., Aziz, A. (2021). Nutritional composition and therapeutic benefits of stevia leaves: a mini review. *Acta Scientific Microbiology*, 4(2), 37—44.

Kregiel, D. (2015). Health Safety of Soft Drinks: Contents, Containers, and Microorganisms. *BioMed Research International*, 1—15.

Kuznesof, P. (2007). *Steviol-glycosides. Chemical and technical assessment*. Steviol-glycosides (CTA). 8.

Kuznetsova, I. (2014). Study of thermodynamic formation of complex flavanoid sheets stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*). *Восточно-Европейского журнала передовых технологий. Спецвыпуск: Технология и оборудование пищевых производств*, 2/12(68), 47—50.

Nazira, M., Arif, S., Khanc, R. S., Nazir, W., Khalid, N., Maqsood, S. (2019). Opportunities and challenges for functional and medicinal beverages: Current and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 513—526.

Radeloff, M. A., Beck, R. H .F. (2014). Starch hydrolysis — nutritive syrups and powders. *Sugar Industry*, 139(4), 222—227.

Ranjan, R., Jaiswal, J., Jitendra, J. (2011). Stevia as a natural sweetener. *International journal of research in pharmacy and chemistry*, 1(4), 1999—2002.

Rezende, G., Hashizume, L. N. (2018). Maltodextrin and dental caries: a literature review. *RGO, Rev Gauch Odontol*, 66(3), 257—262.

Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., Raposo, A. (2020). Natural sweeteners: the relevance of food naturalness for consumers, food security aspects, sustainability and health impacts. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 1—22.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF VEGETABLE PUREE IN THE COMPOSITION OF ICE CREAM MIXTURES

G. Polischuk, V. Sapiga, T. Osmak, I. Shevchenko

National University of Food Technologies

Key words:

Ice cream
Effective viscosity
Thixotropy
Vegetables
Pectin
Hydrolysis

Article history:

Received 21.07.2021
Received in revised form
02.08.2021
Accepted 18.08.2021

Corresponding author:

G. Polischuk
E-mail:
milknuft@i.ua

ABSTRACT

The article analyzes the role of viscosity and velocity characteristics of mixtures in the formation and stabilization of the structure of ice cream. The expediency of using vegetables as functional and technological ingredients in ice cream was proved.

The purpose of scientific research was a comparative analysis of the structuring ability of vegetable purees of different degrees of processing in the composition of ice cream mixtures. The structural ability of vegetable purees fermented and hydrolyzed by thermo acid method in the composition of mixtures of milk and vegetable ice cream, which do not contain a structure stabilizer, was studied. The high structural capacity of pectin-containing purees in the composition of mixtures in the amount of 35% was established, which allows to obtain an effective viscosity within the limits recommended in the technology of ice cream.

Among the studied vegetable purees, mashed carrots, beets, zucchini and broccoli with a high content of soluble pectin, which forms structuring complexes with milk proteins are the most technologically effective. The effective viscosity of the practically undamaged structure of milk-vegetable mixtures with vegetable purees which were hydrolyzed by acid method is slightly higher than mixtures with fermented purees, the content of soluble pectin in which is higher due to the diluting effect of pectinase on fragments of plant cell membranes. The effective viscosity of the restored structure of milk-vegetable mixtures with fermented vegetable purees showed a high thixotropic capacity due not only to the increased content of soluble pectin, but also to the softened plant fibers. Such mixtures can be attributed to systems with a pronounced coagulation structure with the detection of thixotropic properties.

Hydrolyzed vegetable purees in various ways showed a structuring ability, increased the thixotropy of milk and vegetable ice cream mixtures and can reduce the need for structure stabilizers.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТРУКТУРУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ОВОЧЕВИХ ПЮРЕ У СКЛАДІ СУМІШЕЙ МОРОЗИВА

Г. Є. Поліщук, В. Я. Сапіга, Т. Г. Осьмак, І. І. Шевченко

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано роль в'язкісно-швидкісних характеристик сумішей у формуванні та стабілізації структури морозива. Доведено доцільність застосування овочів як функціонально-технологічних інгредієнтів у складі морозива.

Метою наукового дослідження є порівняльний аналіз структуруючої здатності овочевих пюре різного ступеня оброблення у складі сумішей морозива. Досліджено структуруючу здатність овочевих пюре ферментованих гідролізованих термокислотним способом у складі сумішей молочно-овочевого морозива, які не містять стабілізатор структури. Встановлено високу структуруючу здатність пектиновмісних пюре у складі сумішей у кількості 35%, що дає змогу одержувати ефективну в'язкість у межах, рекомендованих у технології морозива.

Серед досліджуваних овочевих пюре найефективнішими з технологічної точки зору є пюре з моркви, буряку, кабачків і броколі за високого вмісту в них розчинного пектину, який утворює структуруючі комплекси з молочними білками. Ефективна в'язкість практично незруйнованої структури молочно-овочевих сумішей з овочевими пюре, гідролізованими кислотним способом, децю вища за суміші з пюре ферментованими, вміст розчинного пектину в яких вищий, що пояснюється розріджуючою дією пектинази на фрагменти оболонок рослинних клітин. Ефективна в'язкість відновленої структури молочно-овочевих сумішей з овочевими пюре ферментованими виявляють високу тиксотропну здатність за рахунок не лише високого вмісту розчинного пектину, але й розм'яшених рослинних волокон. Такі суміші можна віднести до систем з вираженою коагуляційною структурою із виявленням тиксотропних властивостей.

Гідролізовані різними способами овочеві пюре виявляють структуруючу здатність, підвищують тиксотропність сумішей молочно-овочевого морозива і можуть знижувати потребу в стабілізаторах структури.

Ключові слова: морозиво, ефективна в'язкість, тиксотропність, овочі, пектин, гідроліз.

Постановка проблеми. Морозиво як харчова полідисперсна система потребує особливих умов одержання, зокрема до певного ступеня структурування сумішей перед фризруванням. Суміші морозива виявляють аномалію в'язкості, особливо за низького градієнта зсуву, тому їх відносять до неньютонівських структурованих рідин (Косой & Егоров, 2001; Косой, Дунченко & Егоров, 2008). Ефективна в'язкість є однією з найважливіших властивостей ненью-

тонівських систем, яка змінюється зі зміною швидкості зсуву в результаті поступового руйнування їхньої структури (Матвеєнко & Кирсанов, 2011). Це пояснює закономірності зміни швидко-в'язкісних характеристик сумішей упродовж технологічного процесу виробництва морозива під впливом теплового і механічного оброблення — перемішування, пастеризації, гомогенізації, охолодження, визрівання, фризирования.

Ефективна в'язкість сумішей морозива суттєво впливає на формування і стабілізацію структури готового продукту і залежить від багатьох чинників: хімічного складу, індивідуальної вологов'язувальної здатності полісахаридів та білків, взаємодії між біополімерами та іншими компонентами сумішей, теплової коагуляції сироваткових білків, ступеня кристалізації жиру та його вмісту, температури, напруження зсуву, що руйнує структурну сітку та агрегати часточок вздовж вектора швидкості та ін. (Syed, Anwar, Shukat & Zahoor, 2018; Adapa, Dingeldein, Schmidt & Herald, 2000). Рекомендовані вченими різних країн світу та в різний час діапазони значень ефективної в'язкості сумішей морозива при 20°C у більшості випадків не збігаються. Це можна пояснити як застосуванням ротаційних віскозиметрів різних марок і різними способами попереднього оброблення сумішей, так і появою принципово нових видів морозива з модифікованим хімічним складом та інноваційними інгредієнтами. Наприклад, за даними W. S. Arbuckle, одержаними ще у 1986 р., в'язкість сумішей морозива класичних видів при 20°C становила від 50 до 150 мПа·с (Arbuckle, 1986). У 2001 р. В. Косой встановив такі рекомендовані середні значення ефективної в'язкості сумішей: 200 мПа·с — для морозива нежирного і низькожирного; 350 мПа·с — для морозива вершкового; 600 мПа·с — для пломбіру; 1230 мПа·с — для пломбіру шоколадного (Косой & Егоров, 2001).

А. О. Творогова довела, що на ефективну в'язкість практично незруйнованої структури визрілих сумішей морозива молочного передусім впливають вміст і вид стабілізатора структури. За її даними в'язкість сумішей різної жирності може коливатися в діапазоні від 394 до 844 мПа·с. (Творогова, Коновалова, Гурский, Базалий & Аврамова, 2016; Творогова, Шобанова, Ландиховская & Закирова, 2018). Сучасні суміші можуть відрізнятися ще більшими значеннями ефективної в'язкості, порівняно зі сумішами традиційного складу, що дає змогу суттєво підвищувати опір таненню морозива (Syed, Anwar, Shukat & Zahoor, 2018; Kilara & Chandan, 2008).

Отже, як рекомендовану можна прийняти в'язкість сумішей сучасних видів морозива в межах від 350 до 850 мПа·с, залежно від хімічного складу продукту. За перевищення вказаного діапазону в'язкості сумішами ефективність диспергування повітря у водну фазу під час фризирования знижується. У свою чергу, занадто низька в'язкість не забезпечує належну стабілізацію утворених дисперсних систем морозива (Syed, Anwar, Shukat, & Zahoor, 2018; Kilara & Chandan, 2008).

Не менш важливою характеристикою, ніж ефективна в'язкість, є здатність сумішей морозива швидко руйнуватися під дією зовнішніх зсувних зусиль під час фризирования та ефективно відновлювати структуру в статичному стані після формування порцій перед загартуванням (Bass, Polishchuk & Goncharuk,

2017). Вказана здатність відіграє особливу роль під час виробництва морозива на потокових лініях. Тому вивчення в'язкісно-швидкісних характеристик сумішей нових видів морозива та виявлення їх впливу на фізико-хімічні властивості готового продукту є актуальним. Тільки такий підхід надає можливість одержувати морозиво високої харчової цінності з новими функціонально-технологічними інгредієнтами.

До таких інгредієнтів можна віднести пектиновмісну плодово-ягідну та овочеву сировину з підвищеним вмістом розчинного пектину (Chiampo, Tasso, Occelli & Conti, 1996; Alvarez, Cancela, Delgado-Bastidas & Maceiras, 2008; Згурський, Поліщук, Ковалевська & Крапивницька, 2011). Овочі, окрім структуруючої дії у складі харчових систем, є джерелом корисних для здоров'я вітамінів, мінералів, барвних сполук (пігментів), фенольних сполук і харчових волокон (Pavlyuk, Pogarska, Pavlyuk, Pogarskiy, Kakadii, Stukonozhenko, & Telenkov, 2018; Syed, Anwar, Shukat & Zahoor, 2018).

Вміст розчинного пектину в овочевій сировині можна підвищувати не лише шляхом кислотного гідролізу протопектину, але й його ферментативним гідролізом (Sapiga, Polischuk, Breus & Osmak, 2021). Водночас інформація щодо структуруючої і тиксотропної здатності ферментованих овочевих пюре у складі сумішей для виробництва морозива практично відсутня.

Під час реологічних вимірювань молочно-овочевих систем автори будуть керуватися не тільки значеннями найбільшої ефективної в'язкості практично незруйнованої структури, а й здатністю цих систем після граничного руйнування структури самочинно відновлювати її. Таке рішення було прийняте, відповідно до рекомендацій В. Н. Матвеєнко та Є. О. Кірсанова щодо застосування для опису кривих течії, уведених П. О. Ребіндером понять «найбільша в'язкість практично незруйнованої структури» та «найменша в'язкість гранично зруйнованої структури» (Матвеєнко & Кірсанов, 2011). Саме ці поняття і будуть застосовані в дослідженні для опису поведінки сумішей морозива за змінної швидкості зсуву.

Мета дослідження: провести порівняльний аналіз структуруючої здатності овочевих пюре різного ступеня оброблення у складі сумішей морозива.

Матеріали і методи. Для проведення дослідження обрано сорти овочів, які вирощують в Україні: буряк столовий «Делікатесний», броколі «Ягуар», моркву столову «Королева осені», кабачки «Кавілі» і томати «Астерікс F1». Для одержання пюре овочі мили, очищували, розрізували на шматочки розмірами 20·20 мм, бланшували до розм'якшення до 5 хв, подрібнювали за температури 50—55°C до однорідної маси за допомогою гомогенізатора з ріжучими ножами за частоти обертів 1000 хв⁻¹ впродовж 3 хв до розміру часточок, не більших за 1—2 мм.

Для ферментолізу овочевих пюре застосовували пектиназу марки «Пектолад» (ДП «Ензим», Україна) з пектолітичною активністю не менше 30 од/л.

Ферментоліз овочевих пюре проводили за усереднених значень рекомендованих виробниками технологічних режимів: масова частка ферменту — 0,1%, температура 40°C, тривалість оброблення — 2 год, активна кислотність — 4,0 од рН. Після завершення ферментації пектиназу інактивували підігріванням

зразків до температури 90°C без витримки з подальшим охолодженням до температури 4±2°C.

Кислотний гідроліз проводили за усереднених значень рекомендованих режимів — температура 90°C, тривалість 45 хв, активна кислотність pH=2,0 (Canteri, Moreno, Wosiacki & Scheer, 2012). Для регулювання кислотності овочевих пюре застосовували лимонну кислоту.

У сумішах морозива вміст овочевих пюре складав 35%, цукру — 15%, жиру — 3,5%, сухого знежиреного молочного залишку — 10%.

Як класичний стабілізатор структури для контрольного зразка № 1 з наведеним вище складом застосовували композицію гідроколоїдів (гуарова камедь, камедь рожкового дерева, карагінан) у кількості 0,6%.

Як інтегровану стабілізаційну систему для контрольного зразка № 2 використовували Cremodan®SI 320 (компанія DuPont Danisco, Данія) у кількості 0,7% згідно з рекомендаціями виробника.

В'язкісні характеристики молочно-овочевих сумішей визначали на ротаторному віскозиметрі з вимірювальною системою циліндр-циліндр шляхом вимірювання кінетики деформації. Вимірювання напруги зсуву τ (Па) проводили при температурі 20°C при дванадцяти значеннях градієнта швидкості зсуву (γ) в діапазоні від 3 до 1312,2 с⁻¹ при прямому та зворотному ході (Bass, Polishchuk & Goncharuk, 2017). На окремих етапах дослідження фіксували максимальну ефективну в'язкість практично незруйнованої структури ($\gamma=3$ с⁻¹), мінімальну ефективну в'язкість гранично зруйнованої структури ($\gamma=1312,2$ с⁻¹) та ефективну в'язкість відновленої структури ($\gamma=3$ с⁻¹).

Ступінь відновлення структури сумішей морозива (тиксотропну здатність) визначали у відсотках за різницею значень ефективної в'язкості практично незруйнованої структури на початку та наприкінці вимірювання при градієнті швидкості зсуву ($\gamma=3$ с⁻¹) (Поліщук, Мартич & Мацько, 2014).

Активну кислотність вимірювали потенціометрично (Tomovska, Gjorgievski & Makarijovski, 2016).

Для одержання гомогенного пюре овочі мили, очищували, розрізували на шматочки розмірами 20·20 мм, бланшували до розм'якшення не довше 5 хв, подрібнювали за температури 50—55°C до однорідної маси за допомогою гомогенізатора з ріжучими ножами за частоти обертів 1000 хв⁻¹ впродовж 3 хв до розміру часточок, не більших за 1—2 мм.

Молочно-овочеві суміші одержували шляхом послідовного змішування рецептурних інгредієнтів з подальшою їх пастеризацією (85±2°C, 3 хв), гомогенізацією (12,0±1,0 МПа), охолодженням (4±2°C), додаванням охолоджених овочевих пюре та витримуванням упродовж 2 год. Перед вимірюванням ефективної в'язкості суміші підігрівали до 20°C.

Морозиво одержували за допомогою фризера періодичної дії. Температура сумішей перед фризруванням складала 4±2°C, температура м'якого морозива на виході з фризера становила мінус (3±0,5)°C. Фризрування проводили двоступенєво: на першому етапі суміші охолоджували в охолоджувальному циліндрі до мінус 1°C при частоті обертів мішалки шкребкового типу 4,5 с⁻¹

впродовж 120 с, на другому фризуювали при частоті обертів мішалки 9 с^{-1} впродовж 180 с.

На першому етапі досліджували структуруючу здатність овочевих пюре різного ступеня та способів оброблення, яку вони виявляють у сумішах молочно-овочового морозива.

На другому етапі для кожного виду овочів визначали їх раціональний вміст у складі морозива за органолептичними та фізико-хімічними показниками морозива.

Результати і обговорення. Дослідження в'язкісно-швидкісних характеристик сумішей морозива з овочевими пюре. Вміст овочевих пюре в сумішах був обраний на рівні 35%, що в цілому перевищує їх рекомендовані значення в морозиві (15—20%) (Борисова & Макарова, 2014; Борисова & Макарова, 2014). Такий вибір обумовлений доволі широким діапазоном вмісту пектинових речовин в обраних для проведення дослідження овочах — від 0,2% (томати) і 0,82—1,12% (броколі, буряк, кабачки) до 2,17% (морква) (Sapiga, Polischuk, Breus & Osmak, 2021). Відповідно, у рецептурах морозива вміст розчинного пектину в сумішах становитиме від дуже низького 0,07% (томати) до середнього — 0,29—0,39% (броколі, буряк, кабачки) і високого — 0,76% (морква).

Зважаючи на відносно низьку в'язкість ферментованих овочевих пюре, порівняно з в'язкістю гідролізованих кислотним способом зразків (Sapiga, Polischuk, Breus & Osmak, 2021), їхній вміст у морозиві може бути підвищений із дотриманням існуючих вимог щодо максимальних значень ефективної в'язкості сумішей морозива (Творогова, Шобанова, Ландиховская & Закирова, 2018).

У табл. 1 наведені окремі в'язкісно-швидкісні характеристики молочно-овочевих сумішей морозива з класичним і сучасним стабілізаторами та без стабілізаторів з овочевими пюре різних способів оброблення. Темним тлом виокремлені зразки, початкова ефективна в'язкість яких не нижча за рекомендований діапазон 350—850 мПа·с (Творогова, Шобанова, Ландиховская & Закирова, 2018; Косой & Егоров, 2001).

Таблиця 1. В'язкісно-швидкісні характеристики молочно-овочевих сумішей морозива ($P \geq 0,95$, $n = 3$)

Спосіб оброблення овочового пюре	Ефективна в'язкість (мПа·с) за змінного градієнта швидкості зсуву			Час граничного руйнування структури ($\gamma = 1312,2\text{ с}^{-1}$), хв	Ступінь відновлення структури, %
	$\gamma = 3\text{ с}^{-1}$ (прямий хід)	$\gamma = 1312,2\text{ с}^{-1}$	$\gamma = 3\text{ с}^{-1}$ (зворотний хід)		
1	2	3	4	5	6
контроль 1	410,2±11,6	25,0±1,1	223,2±9,1	5,0±0,2	53,8
контроль 2	652,2±15,6	26,0±1,1	413,2±11,8	6,6±0,2	63,4
суміші з морквою					
A	312,4±12,5	20,1±1,0	110,3±5,2	4,2±0,2	24,2
B	399,1±10,4	25,5±1,5	333,1±11,0	6,0±0,3	83,5
C	450,4±14,5	24,8±1,1	293,7±9,2	7,0±0,2	65,2

1	2	3	4	5	6
суміші з буряком					
A	300,6±11,9	21,2±1,0	201,4±10,5	5,0±0,1	67,0
B	386,3±13,8	23,7±1,2	343,7±12,2	7,0±0,2	88,9
C	422,2±10,3	24,4±1,3	295,5±12,0	6,8±0,3	70,0
суміші з кабачками					
A	248,2±9,9	18,4±1,1	150,7±7,7	4,8±0,1	60,7
B	322,8±10,0	20,2±1,3	270,2±11,2	6,0±0,2	83,7
C	380,8±12,1	21,7±0,9	262,8±8,9	5,4±0,1	69,0
суміші з броколі					
A	240,4±10,2	17,0±1,1	141,1±10,0	3,7±0,1	58,7
B	300,9±12,8	21,0±1,0	196,8±14,6	6,2±0,1	65,4
C	350,8±11,1	20,6±1,0	217,5±6,4	6,0±0,2	62,0
суміші з томатами					
A	101,2±3,3	4,0±0,1	24,5±1,1	1,7±0,1	24,2
B	139,0±4,8	5,1±0,1	49,1±1,7	2,0±0,1	35,3
C	145±4,5	5,0±0,1	44,5±2,0	1,9±0,1	30,7

Примітка: А — пюре з бланшованих овочів; В — пюре ферментоване; С — пюре гідролізоване (кислотний гідроліз).

Відповідно до табл. 1, молочно-овочеві суміші, які можуть «конкурувати» за структуруючою здатністю з контрольними зразками, містять пюре з моркви, буряку, кабачків і броколі. Пюре з томатів виявляє низьку структуруючу здатність за їхнього максимально можливого вмісту в сумішах морозива (35%). Тому пюре з томатів може бути застосоване лише для забарвлення морозива антоціанами та збагачення морозива вуглеводами, вітамінами та мінералами у складі композиційних овочевих наповнювачів.

Структуруюча здатність різних овочів за умови їх застосування в однаковій кількості у складі сумішей знижується у такій послідовності: морква > буряк > кабачки > броколі > томати. Така закономірність обумовлена як вмістом розчинного пектину, так і специфічними для вказаних овочів фізико-хімічними характеристиками пектинових речовин та інших високомолекулярних вуглеводів.

Овочеві пюре з підвищеним вмістом розчинного пектину (В та С) суттєвіше впливають на структуруючу здатність сумішей, порівняно зі зразками, які містять пюре з бланшованих овочів (А). Цікавим є те, що ефективна в'язкість практично незруйнованої структури ($\gamma = 3 \text{ c}^{-1}$) молочно-овочевих сумішей з пюре гідролізованим (С) дещо вища за суміші з пюре ферментованим (В), незважаючи на нижчий вміст у ньому розчинного пектину. Такий, на перший погляд, парадоксальний ефект, можна пояснити розріджуючою дією пектинази на фрагменти оболонки рослинних клітин у пюре ферментованих (В). Натомість, ефективна в'язкість відновленої структури, яка свідчить про тиксотропну здатність таких сумішей, зростає суттєвіше. Ступінь відновлення структури сумішей (В), що характеризує тиксотропність, є найбільшим у разі застосування пюре з моркви та буряку і досягає значень 83,5 та 88,9% відповідно. Для відповідних зразків сумішей (С) з гідролізованими пюре цей показник становить лише 65,2 та 70,0%, відповідно. Саме підвищений вміст розчинного пектину в

овочевих пюре, його фізико-хімічні властивості та розм'якшені рослинні волокна є причиною підвищеної тиксотропної здатності сумішей (В) (Sapiga, Polischuk, Breus & Osmak, 2021). Низькоенергетичні зв'язки коагуляційного типу та поверхневі контакти між рухомими та м'якими часточками ферментативно обробленої рослинної сировини суттєвіше підвищують здатність молочно-овочевих сумішей (В) самочинно відновлювати структуру (Akalin, Karagözlü & Ünal, 2008). Доволі висока в'язкість молочно-овочевих сумішей з овочевими пюре, порівняно з контрольними зразками, пояснюється утворенням комплексних просторових структур «білок/полісахарид» (Ghosh & Bandyopadhyay, 2012).

Час граничного руйнування структури при максимальному градієнті швидкості зсуву для всіх зразків є незначним і майже однаковим, але найшвидше руйнується структура сумішей з томатами, які містять мало полісахаридів.

Різний характер структурування овочевих пюре за різних способів їх оброблення може обумовлювати специфіку формування і стабілізації дисперсних систем морозива, що потребує проведення додаткового дослідження.

Для більшої ілюстративності характеру впливу овочевої сировини на в'язкісні характеристики сумішей морозива на рис. 1—3 наведені реограми із зазначенням діапазонів зниження значень ефективної в'язкості для двох контрольних зразків і суміші з найбільшою тиксотропністю (молочно-овочева суміш з буряком).

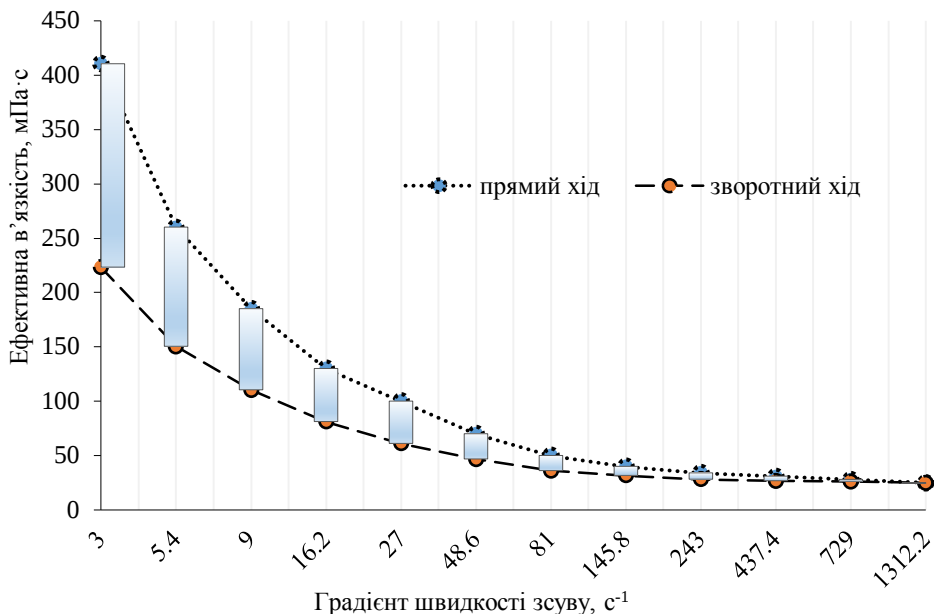


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості контрольного зразка суміші морозива з класичними стабілізаторами від градієнта швидкості зсуву

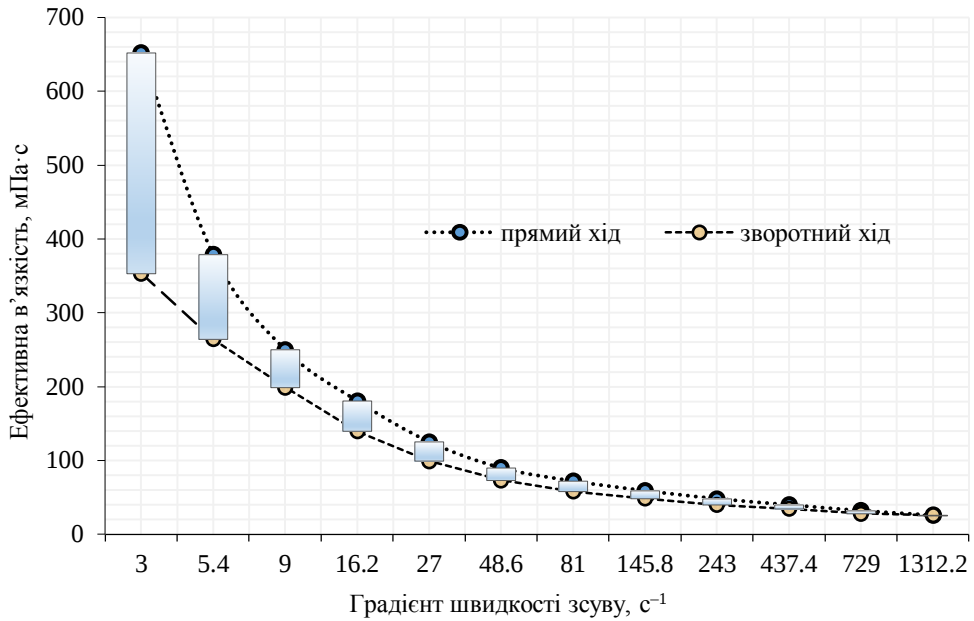


Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості контрольного зразка суміші морозива із сучасною стабілізаційною системою від градієнта швидкості зсуву

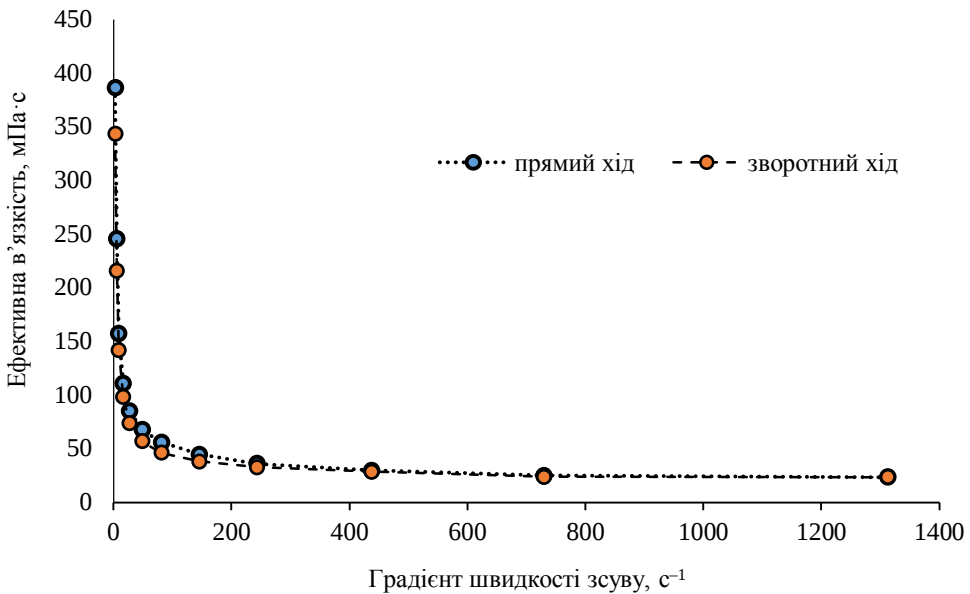


Рис. 3. Залежність ефективної в'язкості молочно-овочевої суміші з ферментованим буряковим пюре від градієнта швидкості зсуву

З рис. 1—3 видно, що ефективна в'язкість молочно-овочевої суміші за відсутності стабілізаторів знаходиться у цілком допустимих межах, але характер її поведінки за зниження дії руйнівної сили принципово відрізняється від такої для контрольних зразків. Зважаючи на це, суміші морозива молочно-овочевого можна віднести до систем з вираженою коагуляційною структурою із виявленням тиксотропних властивостей.

Різний характер структурування овочевих пюре за різних способів їх оброблення може обумовлювати специфіку процесів формування і стабілізації дисперсних систем морозива молочно-овочевого, що потребує проведення подальших досліджень. Підвищена структуруюча здатність овочевих пюре, що були піддані кислотному гідролізу, сприятиме зниженню потреби у стабілізаторах, а висока тиксотропна здатність ферментованих овочевих пюре може позитивно вплинути на опір морозива таненню. Тому результати дослідження становлять практичний інтерес за можливого позитивного впливу на якісні показники морозива.

Висновки

Ефективна в'язкість молочно-овочевих сумішей з вмістом 35% овочевих пюре, ферментованих або гідролізованих термокислотним способом, знаходиться в межах, рекомендованих у технології морозива.

Структуруюча здатність різних овочів у складі сумішей морозива знижується в такій послідовності: морква > буряк > кабачки > броколі > томати, що обумовлено різним вмістом розчинного пектину, фізико-хімічними характеристиками пектинових речовин і специфікою їхньої взаємодії з іншими сполуками.

Ефективна в'язкість практично незруйнованої структури ($\gamma=3 \text{ c}^{-1}$) молочно-овочевих сумішей з овочевими пюре гідролізованими дещо вища за суміші з пюре ферментованими, незважаючи на нижчий вміст у ньому розчинного пектину, що можна пояснити розріджувальною дією пектинази на фрагменти оболонок рослинних клітин.

Ефективна в'язкість відновленої структури молочно-овочевих сумішей з овочевими пюре ферментованими виявляють високу тиксотропну здатність за рахунок підвищеного вмісту розчинного пектину та наявності розм'якшених фрагментів рослинних волокон. Такі суміші можна віднести до систем з вираженою коагуляційною структурою із виявленням тиксотропних властивостей.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні можливості зниження потреби в стабілізаторах структури за рахунок структуруючої здатності овочевих пюре за їх різного вмісту у складі морозива молочно-овочевого.

Література

- Adapa, S., Dingeldein, H., Schmidt, K. A., Herald, T. J. (2000). Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. *Journal of dairy science*, 83(10), 2224—2229.
- Akalın, A. S., Karagözlü, C., Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227(3), 889—895.

- Alvarez, E., Cancela, M. A., Delgado-Bastidas, N., Maceiras, R. (2008). Rheological characterization of commercial baby fruit purees. *International Journal of Food Properties*, 11(2), 321—329.
- Arbuckle, W. S. (1986). Ice Cream. Westport Connecticut: The Avi Publishing Company, Inc.
- Bass, O., Polishchuk, G., Goncharuk, E. (2017). Investigation of viscous characteristics of mixtures of ice cream with starch syrup. *Ukrainian Food Journal*, 5(2), 269—277.
- Canteri, M. H., Moreno, L., Wosiacki, G., Scheer, A. D. P. (2012). Pectina: da matéria-prima ao produto final. *Polímeros*, 22, 149—157.
- Chiampo, F., Tasso, M., Occelli, A., Conti, R. (1996). Rheological properties of fruit purees. *Industria Conserve*, 71(3), 331—336.
- Ghosh, A. K., Bandyopadhyay, P. (2012). Polysaccharide-protein interactions and their relevance in food colloids. *The complex world of polysaccharides*, 14, 395—406.
- Kilara, A., Chandan, R. C. (2008). Ice cream and frozen desserts. Wiley-Blackwell, Ames, IA, USA, 364—365.
- Mahdian, E., Karazhian, R. (2013). Effects of fat replacers and stabilizers on rheological, physicochemical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15(6), 1163—1174.
- Pavlyuk, R., Pogarska, V., Pavlyuk, V., Pogarskiy, A., Kakadii, I., Stukonozhenko, T., Telenkov, O. (2018). The development of new method of production of healthy ice-cream-sorbet of fruits and vegetables with a record bas content. *EUREKA: Life Sciences*, (6), 33—40.
- Sapiga, V., Polishchuk, G., Breus, N., Osmak, T. (2021). Enzymatic destruction of protopectin in vegetable raw materials to increase its structuring ability in ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 10(2), 321—332.
- Syed, Q. A., Anwar, S., Shukat, R., Zahoor, T. (2018). Effects of different ingredients on texture of ice cream. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 8(6), 422—435.
- Tomovska, J., Gjorgievski, N., Makarijoski, B. (2016). Examination of pH, Titratable Acidity and Antioxidant Activity in Fermented Milk, *Journal of materials Science and Engineering. Journal of Materials Science and Engineering A*, 6(11), 326—333.
- Борисова, А. В., Макарова, Н. В. (2014). Влияние массовой доли плодоовощных пюре на качество мороженого. *Пищевая промышленность*, (5), 74—77.
- Борисова, А. В., Макарова, Н. В. (2014). Рецептуры мороженого с антиоксидантными свойствами с использованием плодоовощного пюре. *Пищевая промышленность*, (9), 18—21.
- Згурський, А. В., Поліщук, Г. Є., Ковалевська, Є. І., Крапивницька, І. О. (2011). Дослідження реологічних характеристик молочно-овочевих сумішей для виробництва морозива. *Харчова наука і технологія*, 2(15), 115—118.
- Косой, В., Егоров, А. (2001). Реологические и реометрические исследования по определению консистенции смеси и закаленного мороженого на всех этапах его производства по физико-механическим характеристикам. *Научные труды «Теоретические и практические основы развития процессов и аппаратов пищевых производств»*, М.: МГУПБ, 42—44.
- Косой, В. Д., Дунченко, Н. И., & Егоров, А. В. (2008). *Инженерная реология в производстве мороженого*, Москва: ДеЛи принт.
- Матвеевко, В. Н., Кирсанов, Е. А. (2011). Вязкость и структура дисперсных систем. *Вестник Московского университета. Серия 2. Химия*, 52(4), 243-275.
- Поліщук, Г. Є., Мартич, В. В., Мацько, Л. М. (2014). Порівняльний аналіз реологічних показників сумішей для виробництва морозива на молочній основі. *Продовольчі ресурси. Серія: Технічні науки*, (3), 73—78.
- Творогова, А. А., Коновалова, Т. В., Гурский, И. А., Базалий, В. Н., Аврамова, С. В. (2016). Особенности применения пищевых волокон SenseFi в производстве мороженого пломбир. *Пищевая промышленность*, (10), 34—36.
- Творогова, А. А., Шобанова, Т. В., Ландиховская, А. В., Закирова, Р. Р. (2018). Совершенствование композиционного состава и структуры молочного мороженого, *Техника и технология пищевых производств*. 48(2), 109—116.

STATE AND PROSPECTS OF SCIENTIFIC RESEARCH OF FOOD RAW MATERIALS OF ORGANIC ORIGIN

K. Belinska

Kamianets Podilskyi National Ivan Ohienko University

N. Falendysh

National University of Food Technologies

Key words:

*Organic agriculture
Organic raw materials
Organic wheat
Organic fruit
Organic coffee*

Article history:

Received 14.07.2021
Received in revised form
27.07.2021
Accepted 10.08.2021

Corresponding author:

K. Belinska
E-mail:
kristina0612@ukr.net

ABSTRACT

The production of organic food is widespread in the world. 485 certified organic farms are registered in Ukraine. It has been proven that organic agriculture has a positive effect on the environment, in particular on soils, but reduces crop yields. The benefits of consuming organic foods today have not been proven.

Numerous scientific studies indicate that the organic cultivation of cereals reduces the content of protein, amino acids, gluten and some minerals. But there is an increase in carbohydrates, antioxidants and polyphenols. However, other publications claim that there is no difference between the chemical composition of cereals grown by different farming methods.

There were publications that emphasize twice higher content of glutenins and less albumin and globulins in organic wheat. Publications in the field of organic potato cultivation indicate an increased content of protein and phenol and a lower content of nitrates in organically grown tubers. Some scientific studies also confirm the increase in concentrations of polyphenols and carotenoids in organic apricots.

Ordinary apple fruit have higher concentration of flavonoids, ortho-diphenols and nitrogen. But the concentrations of potassium, calcium, sodium and manganese were higher in the pulp of organic fruit. But other studies do not confirm such differences.

Publications of scientific researches of other agricultural crops, chicken eggs, milk, coffee beans, etc. are revealed. Analysis of research results indicates differences in claims about the benefits of organically grown food raw materials.

It was found that there is a need for further researches on changes in the chemical composition and other quality indicators of food raw materials grown under different management systems.

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ ОРГАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

К. О. Белінська

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

Н. О. Фалендиш

Національний університет харчових технологій

У світі широко розповсюджене виробництво органічної харчової продукції. В Україні зареєстровано 485 сертифікованих органічних господарств. Доведено, що органічне сільське господарство позитивно впливає на екологію, зокрема на ґрунти, але зменшує врожайність сільськогосподарських культур. Користь від споживання органічних харчових продуктів сьогодні не доведена.

Численні наукові дослідження вказують на те, що органічне вирощування злакових культур призводить до зменшення вмісту білка, амінокислот, клейковини та деяких мінеральних речовин. Але спостерігається збільшення вмісту вуглеводів, антиоксидантів та поліфенолів. Проте в інших публікаціях стверджується, що не існує різниці між хімічним складом злакових культур, вирощених різними методами господарювання.

Знайдено публікації, в яких наголошується на вдвічі вищому вмісті глютенів та меншій кількості альбумінів і глобулінів в органічній пшениці, при органічному вирощуванні картоплі спостерігається підвищений вміст білка і фенолу та менший вміст нітратів в органічно вирощених бульбах. Також у деяких наукових дослідженнях підтверджується збільшення концентрацій поліфенолів і каротиноїдів в органічних абрикосах.

У звичайних плодах яблук вища концентрація флавоноїдів, орто-дифенолів та азоту. Але концентрація калію, кальцію, натрію та марганцю була вищою у м'якоті органічних плодів. Проте в інших дослідженнях такі відмінності не підтверджуються.

Аналіз результатів досліджень інших сільськогосподарських культур, курячих яєць, молока, зерен кави тощо вказує на розбіжності у твердженнях щодо користі органічно вирощеної харчової сировини.

З'ясовано, що існує необхідність у проведенні подальших досліджень щодо зміни хімічного складу та інших показників якості харчової сировини, вирощеної за різних систем господарювання.

Ключові слова: *органічне сільське господарство, органічна сировина, органічна пшениця, органічні фрукти, органічна кави.*

Постановка проблеми. У світі стрімко поширюється органічне агровиробництво — цілісна система господарювання та виробництва харчових продуктів, яка поєднує в собі найкращі практики з огляду на збереження довкілля, рівень біологічного розмаїття, збереження природних ресурсів, застосування високих стандартів належного утримання тварин і методів виробництва, які відповідають певним вимогам до продуктів, виготовлених із використанням речовин та процесів природного походження. Розвиток органічного агровиробництва

також відіграє подвійну соціальну роль: з одного боку, забезпечує специфічний ринок, який відповідає потребам споживачів у якісній харчовій продукції, а з іншого — забезпечує загальне благо, сприяючи захисту довкілля, а також розвитку сільської місцевості.

У загальному розумінні органічне виробництво — це метод, який виключає використання хімічно синтезованих добрив та засобів захисту рослин і тварин, вживання генетично модифікованих організмів тощо. При цьому всі стадії вирощування, транспортування, переробки передбачають максимальний захист довкілля, охорону здоров'я робітників і підлягають обов'язковій інспекції та сертифікації (Кунділовська та ін., 2019).

Світовий ринок оцінюється в 96,7 млрд дол. США, де більш ніж 100 країн вже прийняли окремі правила вирощування органічних продуктів харчування. (Willer, Schlatter...& Lernoud, 2020; Tandon, Jabeen & Dhir, 2021).

Близько 90% усіх органічних продуктів продається в Північній Америці та Європі. За спостереженнями країн, найбільший ринок збуту цієї продукції знаходиться в США, далі йдуть Німеччина, Франція та Китай. З іншого боку, переважна більшість виробників органічної продукції знаходиться в менш розвинених країнах Азії, Африки та Латинської Америки.

В останні роки в Україні спостерігається тенденція активного наповнення внутрішнього ринку вітчизняною органічною продукцією за рахунок налагодження власної переробки органічної сировини. Згідно з дослідженнями Федерації органічного руху України, з початку 2000-х років в Україні спостерігається стабільне щорічне зростання внутрішнього споживчого ринку органічних продуктів. Станом на 2020 р. обсяги споживчого ринку органічних продуктів в Україні становлять 38 млн євро. А загальна площа органічних сільськогосподарських угідь станом на 2019 р. складає 467980 га.

Більшість українських органічних господарств розташовані в Київській, Одеській, Херсонській, Полтавській, Вінницькій, Закарпатській, Львівській, Житомирській областях. Станом на 2018 р. в Україні зареєстровано 485 сертифікованих органічних господарств. (Бойко, 2020).

Органічні продукти — це такі продукти, при виробництві яких:

- у рослинництві заборонено використовувати ядохімікати для боротьби з бур'янами, шкідниками й хворобами рослин, а також мінеральні добрива синтетичного походження, при цьому захист рослин здійснюється переважно препаратами натурального походження, а для живлення ґрунту й рослин використовуються органічні добрива;

- категорично заборонене використання генетично модифікованих організмів;

- у тваринництві не дозволяється застосовувати стимулятори росту, гормони й антибіотики, а для лікування тварин використовуються профілактичні засоби й гомеопатичні препарати (Закон України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції», 2018).

Органічна продукція, яка отримується від сільськогосподарських підприємств, служить сировиною для виготовлення органічних харчових продуктів. Зокрема, для хлібопекарського, кондитерського, макаронного та харчоконцен-

тратного виробництва, для яких основною сировиною є сільськогосподарська продукція рослинного походження.

Впровадження нових методів вирощування у рослинництві і тваринництві може викликати певні зміни характеристик вихідної продукції, а отже, зміни у харчових продуктах, виготовлених з неї.

Найважливішими аспектами, які хвилюють технологів вищезазначених галузей, є зміни хімічного складу та технологічних властивостей сировини, які будуть впливати на хід технологічного процесу та харчову цінність готового продукту.

Оскільки органічне сільське господарство розвивається у світі уже протягом більше 30 років, тому науковці активно проводять дослідження у сфері агрономії та зооінженерії. Проте невелика кількість досліджень проведена з визначення зміни якості сировини для виробництва хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів. Наразі немає доказів того, що споживання органічної їжі призводить до значних поживних переваг для здоров'я людини.

Досі існують значні суперечки щодо того, чи призводить використання стандартів органічного виробництва до значних і послідовних змін у концентраціях потенційно корисних для здоров'я та потенційно шкідливих з'єднань, в посівах культур і продуктів на їх основі. Однак є все більше доказів і більш широке визнання того, що споживання органічних продуктів, імовірно, зменшить вплив залишків пестицидів.

Тому актуальним на сьогодні є вивчення хімічного складу та технологічних властивостей сировини, зокрема зернових і бобових, фруктів та овочів, молока та яєць, отриманих у результаті органічних методів виробництва.

Метою статті є проведення огляду стану наукових досліджень сировини в галузі органічного виробництва хлібопекарської, кондитерської, макаронної та харчоконцентратної продукції.

Викладення основних результатів досліджень. У технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів важливе значення мають технологічні властивості борошна. Крім того, завданням харчових продуктів є забезпечення організм людини поживними речовинами у достатніх кількостях. Розрахунковими методами та за допомогою оптимізації науковцями розробляються харчові продукти, хімічний склад яких максимально забезпечує організм корисними речовинами. Проте якість і хімічний склад усієї сировини вже відомий і досліджений.

У технології органічних харчових продуктів більше, ніж 95% сировини має бути органічного походження. Проте якість органічної сировини досліджено ще дуже мало. А отримані дані різних авторів суттєво відрізняються.

Аналіз публікацій у сфері органічних овочів, фруктів і зернових культур показав, що в органічних культурах виявлено значно вищі концентрації загальних вуглеводів та значно нижчі концентрації білків, амінокислот, редуруючих цукрів і клітковини. Проте ці показники суттєво відрізнялися у різних видах рослин. Також встановлено, що методи органічного виробництва призводять до значно вищого вмісту антиоксидантів, поліфенолів та Zn, але нижчих концентрацій нітратів, нітритів та Cd у зернових (Barański та ін., 2014).

Дослідження рисового борошна, вирощеного за органічної системи землеробства, вказують, що низький вміст амілози в кольоровому рисовому борошні сприяв високим значенням температури клейстеризації, склеюванню та функціональним властивостям (індекс розчинності у воді) (Kraithong, Lee & Rawdkuen, 2018).

У дослідженнях органічно вирощеної пшениці стверджується про те, що рівень Cd, Cu та Al був вищим за традиційних методів вирощування (Cooper та ін., 2011).

Аналіз публікацій у сфері органічних сільськогосподарських культур, таких як пшениця, показав, що лише обмежена кількість досліджень зосереджена на аспектах якості виробництва органічної пшениці. Це викликає особливе занепокоєння фермерів і споживачів, оскільки вміст білка (важливий фактор, що впливає на технологічний процес приготування хліба) в органічних зернових культурах, як правило, нижчий.

Деякі дослідження не виявили різниці у вмісті білка зерна між сортами з органічних та сортами зі звичайних систем вирощування (Shier, Kelman & Dunson, 1984; Ryan, Derrick & Dann, 2004; Mason та ін., 2007). Однак інші дослідження показали більш високий рівень білка у звичайних порівняно з органічними системами землеробства (Van Bueren, Jones, ... & Messmer, 2011; Baeckstrom, Hanell & Svensson, 2004).

Крім того, знайдено дослідження, у якому зазначається, що показник міцності клейковини є меншим в органічних, ніж у звичайних культурах (Mason та ін., 2007).

Інші дослідження показують, що органічне землеробство, одночасно знижуючи вміст білка, покращує інші параметри, пов'язані з технологією хліба, такі як склад білка, співвідношення гліадину та глютеніну, якість крохмалю та довжина ланцюгів амілопектину, діаметр крохмальних гранули, вміст пентозанів, активність α -амілази та водопоглинальну здатність борошна. Однак, згідно зі звітами пекарів із кількох країн ЄС, це часто не компенсує повністю зменшення вмісту білка (Lammerts van Bueren та ін., 2011).

Дослідженнями мінерального складу пшениці було встановлено, що звичайне зерно пшениці мало нижчі рівні Zn і Cu, але вищі рівні Mn і P, ніж органічне зерно (Ryan, Derrick & Dann, 2004).

Проте існують наукові дослідження, де стверджується, що ніяких відмінностей у вмісті білка між органічною й традиційно вирощеною пшеницею не спостерігалось. Вища міцність клейковини спостерігалася у зерні за звичайної системи вирощування, тоді як тенденція до збільшення міцності тіста характерна була для пшениці органічної (Mason та ін., 2007).

Також повідомляється про вищий вміст білка та кращі хлібопекарські властивості борошна за традиційної системи вирощування пшениці (L-Baeckström, Hanell & Svensson, 2008).

У Чеському агротехнічному університеті були проведені дослідження, які вказують, що сорти пшениці за органічного вирощування характеризувалися вдвічі вищим рівнем глютенінів порівняно із сортами пшениці за традиційного вирощування. Органічно вирощені сорти пшениці характеризувалися меншим

вмістом альбумінів і глобулінів порівняно зі звичайно вирощеними сортами. Збільшення відсотка фракцій глютеніну й гліадину в загальному білку органічної пшениці призводить до поліпшення технологічної, особливо хлібопекарської якості пшениці, але також і до зниження біологічної та харчової цінності білків за рахунок зменшення вмісту незамінних амінокислот, які зустрічаються переважно в альбумінах і глобулінах (Krejčířová, Capouchová ... & Faměra, 2007).

При дослідженні ярих сортів пшениці, вівса та ячменю встановлено, що вміст білка в органічних умовах вирощування зменшився для всіх культур, проте для пшениці найбільше (на 16%) (Ingver, Tamm & Tamm, 2008).

Аналіз публікацій з дослідження деяких показників хімічного складу житнього цільнозернового борошна та його хлібопекарських властивостей показав, що середній вміст білка в цільнозерновому житньому борошні становив 9,0% для органічної обробки та 10,15% для традиційного вирощування. Хімічний аналіз мінеральних елементів у зернах жита показав, що істотних відмінностей немає у вмісті Р, К, Са та Mg між органічним і традиційним вирощуванням. Було виявлено, що середня активність α -амілази в органічно вирощеному житі була на 23% нижчою, ніж у традиційно вирощеному житі, тоді як, навпаки, була виявлена тенденція до активності ендоксилази. Вміст крохмалю в цільнозерновому житньому борошні за органічної обробки становив у середньому 64,65% та 62,8% за традиційного вирощування. Водопоглинальна здатність житнього цільнозернового борошна залишалася досить стабільною (147—152 мл на 100 г борошна) незалежно від способу землеробства. (Järvan, Lukme ... & Akk, 2018)

Крім того, виявлено дослідження мікробіологічної стійкості заквасок, приготованих з органічного житнього борошна та звичайного. Закваски містили молочнокислі бактерії та дріжджі і досліджувалися протягом 7 місяців. *Saccharomyces cerevisiae* був єдиним видом дріжджів, виділеним із заквасок, представлений різними фенотипами. У звичайній системі заквасок один фенотип домінував протягом усього періоду вибірки. В органічній заквасці фенотип змінився через 3 місяці (Rosenquist & Hansen, 2000).

Аналіз досліджень різних авторів не дає достовірної інформації, яку можна було б використовувати для розроблення чи удосконалення технології органічних продуктів. Пшениця та інші злакові культури є основною сировиною для виробництва хлібобулочних виробів, борошняних кондитерських та макаронних виробів і значної частини харчових концентратів. Найбільше питання викликає зміна масової частки білка в пшениці і, як наслідок, зміна кількості і якості клейковини. Усі відомі рецептури виробів розроблено відповідно до стандартного вмісту клейковини в борошні. Відповідно відхилення цього показника буде впливати на хлібопекарські властивості борошна і якість готових виробів, особливо хлібобулочних.

Крім того, існують вироби функціонального чи лікувально-профілактичного призначення, в яких масова частка окремих нутрієнтів підібрана в оптимальній кількості. З огляду на представлені результати різних авторів не можна зробити чітких висновків щодо того, як змінюється хімічний склад сировини за орга-

нічних методів вирощування. А тому й використання органічного борошна у технології функціональних чи лікувально-профілактичних продуктів не має достовірного наукового обґрунтування.

У технології харчових концентратів картопля є основною сировиною для деяких харчових продуктів. А також овочі і фрукти займають вагому частину не тільки у харчоконцентратній галузі, але й в кондитерському виробництві.

Аналіз публікації у сфері органічної картоплі показав, що середній вміст сирого протеїну був значно вищим у бульбах, вирощених за органічної системи землеробства, ніж за звичайної системи (11,02 та 9,83% на суху речовину відповідно). Подібний результат спостерігався за вмістом білка (за органічної системи 5,51% та за звичайної 5,08% на суху речовину) (Bročić, Milošević ... & Tút, 2008).

Інші дослідження показали, що органічне землеробство дало змогу отримати продукт з вищою харчовою цінністю через більший загальний вміст фенолу та менший вміст нітратів, а також кращі сенсорні показники після смаження (сильний смак і хрустка м'якість). Крім того, були помітні менша кількість розчинних цукрів і вищий рівень сухої речовини за органічного землеробства (Lombardo, Pandino & Mauromicale, 2012).

У технології чипсів, де картопля є основною сировиною, відхилення у масовій частці білка можливо не буде суттєвого значення. Проте при отриманні сухого картопляного пюре зміна кількості білка та сухої речовини буде впливати на параметри розпилювального сушіння.

Процес екструзії різних харчових концентратів, до рецептури яких включено сухе картопляне пюре чи злакові культури, також оптимізується відповідно до масової частки білка, крохмалю тощо. Оскільки багатьма авторами стверджується про зміну масової частки (як зменшення, так і збільшення) окремих нутрієнтів в органічній сировині, тому при застосуванні уже відомих та встановлених параметрів її переробки готова продукція, ймовірно, не відповідатиме очікуваній якості.

Результати дослідження абрикос вказують на те, що органічні абрикоси містять значно більше біологічно активних сполук із групи поліфенолів 53,75 мг/100 г сиріої маси (СМ) і 31,52 мг/100 г СМ та каротиноїдів 10,90 мг/100 г СМ і 8,42 мг/100 г СМ порівняно зі звичайними абрикосами. Органічні плоди характеризуються більш високим алергенним потенціалом. Виявлено сильну залежність між вмістом поліфенольних сполук і вмістом алергенних білків для органічних абрикосів $R = 0,9044$ і для звичайних абрикосів $R = 0,8169$. Тому деякі сорти органічних абрикосів, незважаючи на їхню кращу якість, не рекомендуються до вживання алергікам (Hallmann, Rozpara ... & Leszczyńska, 2019).

Під час дослідження 13 сортів японської сливи, вирощених у звичайних і органічних умовах, було виявлено, що зразки органічної сливи мають більш високі значення загального вмісту антоціанів, загального вмісту поліфенолів та антиоксидантної здатності, ніж звичайні, хоча відмінностей у загальному вмісті каротиноїдів не виявлено (Cuevas та ін., 2015).

У дворічному дослідженні в Олександрійському університеті порівнювали вміст аскорбінової кислоти, β -каротину, загальних фенольних сполук, нітритів і мікробіологічну якість плодів апельсина та полуниці, вирощених за органічними й традиційними методами господарювання. Органічно вирощені апельсини та полуниця мали нижчу титровану кислотність. Більш високий вміст аскорбінової кислоти та β -каротину було виявлено в органічно вирощених апельсинах і полуниці порівняно зі звичайними. Загальний вміст фенолу був значно вищим у звичайних апельсинах порівняно з його органічним виробництвом. І, навпаки, загальний вміст фенолу був значно вищим в органічній полуниці, ніж у звичайній. Кишкова паличка (*E.coli*) не виявлена в жодному зразку. Однак у звичайних фруктах апельсинів і полуниці кількість дріжджів і цвілі більша, ніж в органічних. У всіх зразках були виявлені нітрити. Рівні нітритів в органічному виробництві коливалися від 0,13 до 0,16 мг/кг свіжої ваги, тоді як у звичайному виробництві — від 0,20 до 0,25 мг/кг свіжої ваги (Khalil & Hassan, 2015).

В Афінському університеті сільського господарства досліджувалися звичайні та органічні сади яблук з метою порівняння росту рослин, товарних якостей плодів (маса, форма, колір, концентрація фенольних сполук, поживні речовини) та врожайності. Дві системи вирощування призвели до схожих характеристик якості плодів з точки зору загальної кількості розчинних речовин, рН соку, титрованої кислотності та показників кольору, тоді як традиційно вирощені дерева давали майже вдвічі більший урожай, ніж органічно вирощені. Частина м'якоті та шкірки у звичайних плодах демонструвала вищу загальну концентрацію флавоноїдів та орто-дифенолів, тоді як у м'якоті вища концентрація флавоноїдів. Концентрація азоту була вищою у традиційно вирощених фруктах, тоді як концентрація калію, кальцію, натрію та марганцю була вищою у м'якоті органічних плодів (Roussos & Gasparatos, 2009).

Проте іншими дослідженнями встановлено, що органічні яблука не мають більшої антиоксидантної або харчової цінності порівняно зі звичайно вирощеними, що стосується вмісту поліфенолів і загальної антиоксидантної активності. Ціанідуючий 3-галактозид, флоридин, 3-галактозид кверцетину та 3-арабінозид кверцетину також показали, що концентрації не сильно відрізняються між органічними та звичайними яблуками (Valavanidis, Vlachogianni ... & Siatis, 2009).

Аналіз публікацій з дослідження хімічного складу баклажанів показав, що традиційно культивовані баклажани мали більш високу активність поліфенол-оксидази, ніж органічно культивовані (3,19 та 2,17 одиниць активності ферментів відповідно). Баклажани органічного виробництва мали вищий середній вміст K (272 та 249 мг 100 г⁻¹ відповідно) та Mg (8,8 та 7,6 мг 100 г⁻¹ відповідно), а також Cu (0,079 та 0,065 мг 100 г⁻¹ відповідно) (Raigón, Rodríguez-Burruezo & Jaime Prohens, 2010).

За результатами дослідження якості буряка встановлено, що органічний буряк мав значно вищий вміст загальних беталаїнів і загальних поліфенолів, а також більшу загальну антиоксидантну здатність порівняно зі зразками, вирощеними традиційно (Carrillo, Wilches-Pérez & Rembialkowska, 2019).

Аналіз досліджень органічних фруктів і овочів показав, що результати різних авторів мають значні відмінності щодо вмісту біологічно активних сполук. Якщо в органічно вирощених сливах, полуниці, абрикосах вміст поліфенолів збільшувався, порівняно з традиційно вирощеними, то в органічних апельсинах і баклажанах кількість поліфенолів була меншою. Щодо впливу методів вирощування на антиоксидантну здатність яблук, виявлено розбіжності в дослідженнях різних авторів.

Фруктово-ягідна й овочева сировина широко використовується в технології хлібобулочних, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів як основний компонент рецептури, так і для збагачення продукції природними антиоксидантами. Збагачені продукти фруктово-ягідною чи овочевою сировиною, зазвичай, позиціонують як функціональні чи лікувально-профілактичні. Тому використання органічної фруктово-ягідної чи овочевої сировини в технології цих продуктів потребує подальших більш глибоких досліджень.

У технології харчових концентратів, зокрема в технології дитячих сухих молочних сумішей, основною сировиною є молоко, хімічний склад якого має важливе значення.

Аналіз публікацій у сфері органічного молока показав, що органічне коров'яче молоко містило більшу частку ПНЖК до мононенасичених жирних кислот, ніж звичайне молоко, і мало стабільно нижче співвідношення ω -6: ω -3 жирних кислот (що вважається корисним) порівняно зі звичайним молоком. Не було ніякої різниці між органічним і звичайним молоком щодо частки кон'югованої лінолевої кислоти (Ellis та ін., 2006).

Також виявлено публікації за результатами дослідження, в яких статистично порівнювались результати хімічного та мікробного аналізу зразків сирого молока, що надходять із систем органічного й традиційного господарювання. Параметри в сирому молоці — вільні жирні кислоти, кількості соматичних клітин і коліформних бактерій не показали істотних відмінностей між двома типами виробництва. Значно більший вміст білка, казеїну та лактози було виявлено у звичайному молоці, яке також мало значно нижчу температуру замерзання. Значно більший вміст загальної кількості мезофільних бактерій і більш високий відсоток зразків з позитивною кількістю бактерій коліформних бактерій були виявлені в зразках органічного молока (Kouřimská, Legarová ... & Ránek, 2014).

При визначенні вмісту жиру та лактози у молоці встановлено, що вміст жиру ($4,98 \pm 0,08\%$) та лактози ($4,85 \pm 0,04\%$) у зразках органічного молока був значно вищим, ніж у звичайному молоці (4,42 і 4,67% відповідно). Концентрація тіаміну та рибофлавіну була на 34,1% і на 35,8% нижчою порівняно зі звичайним молоком (Zagorska & Ciprovica, 2008).

Проте виявлено інші публікації, в яких повідомляється про менші кількості молочного білка в органічних господарствах порівняно зі звичайними, тоді як істотних відмінностей у вмісті молочного жиру, лактози та в кількості соматичних клітин не було помічено. Щодо жирних кислот були виявлені лише невеликі відмінності між органічним і звичайним молоком (Battaglini та ін., 2016).

Аналіз публікацій щодо мінерального складу органічного молока показав, що звичайне молоко містило на 42% більше йоду, ніж органічне молоко. Вміст селену в молоці органічних корів був значно вищим, ніж у звичайних корів. Проте іншими дослідженнями не встановлено жодних відмінностей між рівнем Se в молоці органічних звичайних корів (Fall & Emanuelson, 2011).

Виявлено публікації, в яких повідомляється про вищі концентрації α -токоферолу та β -каротину в органічному молоці (Bergamo, Fedele ... & Marzillo, 2003). Проте в інших працях не виявлено суттєвої різниці у рівнях α -токоферолу та β -каротину в органічному та звичайному молоці, тоді як було виявлено, що вітамін А вище у звичайному молоці (Ellis та ін., 2007).

Коров'яче молоко виступає основною сировиною в технології дитячих сухих молочних сумішей і сухих молочних каш. Незважаючи на важливість хімічного складу, особливо небезпечним є мікробіологічна забрудненість молока. Оскільки виявлено дослідження, які вказують на збільшення негативної мікрофлори в органічному молоці, то виникає необхідність у дослідженні зміни мікробіологічних показників органічного молока в результаті розпилювального сушіння та під час зберігання сухих молочних продуктів для дитячого харчування.

Також у технології цих продуктів строго нормується масова частка білків, жирів і вуглеводів. Крім того, важливе значення має фракційний склад білків і співвідношення жирних кислот. Аналіз публікацій показав, що дослідження авторів суперечать між собою як за вмістом білка, зокрема за вмістом казеїну, так і за вмістом жиру та лактози. Тому виробництво органічних сухих молочних продуктів для дитячого харчування потребує досліджень як хімічного складу органічного молока, так і його мікробіологічних показників.

У технології кондитерських виробів, зокрема зефіру, пастили, збивних цукерок та напівфабрикатів, важливою сировиною є яйця. Важливим показником яких, окрім хімічного складу, є піноутворювальна здатність білка.

При порівнянні фізико-хімічних властивостей яєць, які відкладають кури, вирощені за органічним методом і традиційним, встановлено, що органічні яйця порівняно зі звичайними показали значно більший вміст білка (17,1% і 16,7% відповідно) та холестерину (1,26% і 1,21% відповідно) (Minelli, Sirri ... & Franchini, 2016).

Аналіз досліджень з визначення мінерального складу курячих яєць із систем органічного та звичайного господарювання показав, що вміст Р і Zn в їстівних яйцеклітинах був нижчим в органічних яйцях, ніж у звичайних яйцях (Küçükyılmaz та ін., 2012). Також виявлено публікації, в яких стверджується, що органічний яєчний жовток містив більший відсоток пальмітинової та стеаринової кислот, ніж звичайний жовток, без відмінностей у складі мононенасичених або поліненасичених жирних кислот (Samman та ін., 2009).

Вважається, що всі протеїни яєчного білка беруть участь у піноутворенні. Крім того, солі металів здатні знижувати піноутворювальну здатність білка. Тому при розробці органічних кондитерських виробів слід приділити значну увагу дослідженню вмісту білка та солей металів у яйцях з органічних систем господарювання.

Технологія кави та напоїв, що її замінюють, передбачає використання сировини, яка сьогодні теж вирощується органічними методами.

Аналіз публікацій з дослідження вмісту біоактивних сполук в органічній та звичайній каві арабіка, що походить з Бразилії, показав, що органічні зерна кави мали більший вміст біоактивних сполук (загальних фенольних, фенольних кислот і флавоноїдів), ніж звичайні кавові зерна (Król, Gantner ... & Hallmann, 2020).

Вміст кофеїну та біоактивних сполук у кавових зернах з Перу вимірювали у різних смажених і зварених кавових напоях. Отримані результати показали, що звичайна кава містить значно більше кофеїну, загальних флавоноїдів і похідних кверцетину, ніж органічна кава. З іншого боку, органічна кава характеризувалася більш високим рівнем майже всіх біоактивних сполук. Найкращим рівнем обсмажування був визначений середній рівень, а оптимальний час заварювання становив 3 хв (Górecki & Hallmann, 2020).

Дослідження впливу методів господарювання на вміст поліфенолів і кофеїну в чайному листі вказують на великий вміст поліфенолів у чайному пагоні за органічного вирощування (172,42 мг/г) порівняно зі звичайним (107,03 мг/г). За традиційної системи землеробства спостерігалися вищі рівні вмісту амонію (332,4 кг/га) та нітратів (39,0 кг/га) у ґрунті порівняно до системи органічного землеробства (45,2 та 19,2 кг/га відповідно). Немає суттєвої різниці у вмісті кофеїну, епікатехіну, епікатехіну галату та епігалокатехіну в листі між двома системами землеробства (Chin, Ho ... & Wong, 2010).

В інших публікаціях повідомляється, що водні екстракти органічного чаю, вирощеного у Китаї, мали значно вищі концентрації ключових катехинів, включаючи епігалокатехін галат, епігалокатехін, епікатехін галат та епікатехін, порівняно зі звичайним чаєм. Концентрації проліну та γ -аміномасляної кислоти також були статистично вищими в органічному чаї. Однак більшість вільних амінокислот, особливо теаніну, були нижчими в органічному чаї (Han, Wang ... & Ahmed, 2017).

Проте в інших дослідженнях не виявлено істотної різниці щодо вмісту кофеїну, епігалокатехіну, катехіну та епікатехіну між двома дослідженими системами землеробства (Das, Borua & Bhagat, 2017).

Аналіз публікацій щодо хімічного складу органічних кави та чаю підтверджує необхідність подальших досліджень. Отриманні результати щодо вмісту флавоноїдів і біоактивних сполук в органічних каві та чаї суперечливі. Тому для виробництва органічних кавових напоїв та чаю необхідним є наукове обґрунтування переваги органічних методів вирощування сировини.

Також проводяться дослідження з визначення зміни хімічного складу, мікробіологічної чистоти, забруднення токсичними та шкідливими речовинами рослин у результаті органічного виробництва. Проте одержані дані суттєві різняться, дослідження проведені у дуже малих кількостях, деяка сировина взагалі ще не досліджувалась. Це означає, що для розроблення технології органічних харчових продуктів відсутнє наукове підґрунтя, яке потребує досліджень і розвитку.

Висновок

Аналіз наукових досліджень органічної харчової сировини вказує на те, що користь органічної сировини порівняно з традиційною не доведена. Також не встановлено жодної закономірності впливу органічних методів господарювання на якість харчової сировини.

Уся представлена сировина була досліджена різними науковцями. Результати кожного з них мають відмінності або взагалі суперечливі.

Серед публікацій вітчизняних вчених подібних досліджень не було знайдено. Тому, незважаючи на наведені напрацювання, окремі аспекти цієї теми потребують подальшого вивчення та обумовлюють доцільність проведення наукових досліджень для розроблення органічних хлібобулочних, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів.

Окрім більш ґрунтовного дослідження хімічного складу сировини, слід приділити особливу увагу дослідженню хлібопекарських властивостей пшеничного та житнього органічного борошна, його вплив на мікрофлору пшеничних і житніх заквасок і на перебіг мікробіологічних процесів у тісті.

Література

Бойко, Л. О. (2020). Органічне виробництво в Україні: перспективний напрям сталого розвитку. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, 1, 87—95. doi: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2020.1.10>.

Кунділовська, Т. А. (Ред.) (2019). *Формування ринку органічної продукції в Україні: теоретичні та практичні аспекти. (Монографія)*. Київ: Астропринт.

Barański, M., Średnicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R., Stewart, G., ... Leifert, C. (2014). Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: A systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*, 112(5), 794—811. doi:10.1017/S0007114514001366.

Battaglini, L. M., Renna, M., Garda, A., Lussiana, C., Malfatto, V., Mimosi, A., & Bianchi, M. (2009). Comparing milk yield, chemical properties and somatic cell count from organic and conventional mountain farming systems. *Italian Journal of Animal Science*, 8(2), 384—386. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.384>.

Bergamo, P., Fedele, E., Iannibelli, L., & Marzillo, G. (2003). Fat-soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food chemistry*, 82(4), 625—631. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00036-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00036-0).

Bročić, Z., Milošević, D., Macák, M., & Týr, Š. (2008). The influence of an organic and conventional systems on chemical composition of potato tubers. *Cereal Research Communications*, 36, 679—682.

Carrillo, C., Wilches-Pérez, D., Hallmann, E., Kazimierczak, R., & Rembiałkowska, E. (2019). Organic versus conventional beetroot. Bioactive compounds and antioxidant properties. *Lwt*, 116, 108552. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108552>.

Chin, S. S., Ho, T. Y., Chong, K. P., Jalloh, M. B. & Wong, N. K. (2010). Organic versus conventional farming of Tea plantation. *Borneo Science*, 26, 19—26.

Cooper, J., Sanderson, R., Cakmak, I., Ozturk, L., Shotton, P., Carmichael, A., ... Leifert, C. (2011). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 4715—4724. doi:10.1021/jf104389m.

Cuevas, F. J., Pradas, I., Ruiz-Moreno, M. J., Arroyo, F. T., Perez-Romero, L. F., Montenegro, J. C., & Moreno-Rojas, J. M. (2015). Effect of organic and conventional management on bio-functional quality of thirteen plum cultivars (*Prunus salicina* Lindl.). *PloS one*, 10(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136596>.

- Das, S., Borua, P. K., & Bhagat, R. M. (2016). Soil nitrogen and tea leaf properties in organic and conventional farming systems under humid sub-tropical conditions. *Organic agriculture*, 6(2), 119—132. <https://doi.org/10.1007/s13165-015-0116-4>.
- Ellis, K. A., Innocent, G., Grove-White, D., Cripps, P., McLean, W. G., Howard, C. V., & Mihm, M. (2006). Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. *Journal of dairy science*, 89(6), 1938—1950. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72261-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72261-5).
- Ellis, K. A., Monteiro, A., Innocent, G. T., Grove-White, D., Cripps, P., McLean, W. G., ... & Mihm, M. (2007). Investigation of the vitamins A and E and β -carotene content in milk from UK organic and conventional dairy farms. *Journal of dairy research*, 74(4), 484—491. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029907002816>.
- Fall, N., & Emanuelson, U. (2011). Fatty acid content, vitamins and selenium in bulk tank milk from organic and conventional Swedish dairy herds during the indoor season. *Journal of Dairy Research*, 78(3), 287—292. doi:10.1017/S0022029911000392.
- Górecki, M., & Hallmann, E. (2020). The antioxidant content of coffee and its in vitro activity as an effect of its production method and roasting and brewing time. *Antioxidants*, 9(4), 308. <https://doi.org/10.3390/antiox9040308>.
- Hallmann, E., Rozpara, E., Słowianek, M., & Leszczyńska, J. (2019). The effect of organic and conventional farm management on the allergenic potency and bioactive compounds status of apricots (*Prunus armeniaca* L.). *Food chemistry*, 279, 171—178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.018>.
- Han, W. Y., Wang, D. H., Fu, S. W., & Ahmed, S. (2018). Tea from organic production has higher functional quality characteristics compared with tea from conventional management systems in China. *Biological Agriculture & Horticulture*, 34(2), 120—131. <https://doi.org/10.1080/01448765.2017.1396497>.
- Ingver, A., Tamm, I., & Tamm, Ü. (2008). Effect of organic and conventional production on yield and the quality of spring cereals. *Agronomijas Vestis (Latvian journal of agronomy)*, 11, 61—67.
- Järvan, M., Lukme, L., Tupits, I., & Akk, A. (2018). The productivity, quality and bread-making properties of organically and conventionally grown winter rye. *Zemdirbyste-Agriculture*, 105(4). DOI 10.13080/z-a.2018.105.041.
- Khalil, H. A., & Hassan, S. M. (2015). Ascorbic acid, β -carotene, total phenolic compound and microbiological quality of organic and conventional citrus and strawberry grown in Egypt. *African Journal of Biotechnology*, 14(4), 272—277. DOI: 10.5897/AJB2014.14170.
- Kouřimská, L., Legarová, V., Panovská, Z., & Pánek, J. (2014). Quality of cows' milk from organic and conventional farming. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(4), 398—405. <https://doi.org/10.17221/510/2012-CJFS>.
- Kraithong, S., Lee, S. & Rawdkuen, S. (2018). Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour. *Journal of Cereal Science*, 79, 259—266. doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.015.
- Krejčířová, L., Capouchova, I., Petr, J., Bicanova, E., & Faměra, O. (2007). The effect of organic and conventional growing systems on quality and storage protein composition of winter wheat. *Plant Soil Environ*, 53(11), 499—505.
- Król, K., Gantner, M., Tatarak, A., & Hallmann, E. (2020). The content of polyphenols in coffee beans as roasting, origin and storage effect. *European Food Research and Technology*, 246(1), 33—39. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03388-9>.
- Küçükylmaz, K., Bozkurt, M., Yamaner, Ç., Çınar, M., Çatlı, A. U., & Konak, R. (2012). Effect of an organic and conventional rearing system on the mineral content of hen eggs. *Food chemistry*, 132(2), 989-992. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.084>.
- Lombardo, S., Pandino, G., & Mauromicale, G. (2012). Nutritional and sensory characteristics of “early” potato cultivars under organic and conventional cultivation systems. *Food Chemistry*, 133(4), 1249—1254. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.005>.

- L-Baeckström, G., Hanell, U., & Svensson, G. (2004). Baking quality of winter wheat grown in different cultivating systems, 1992—2001: a holistic approach. *Journal of Sustainable Agriculture*, 24(1), 53—79.
- Mason, H., Navabi, A., Frick, B., O'Donovan, J., Niziol, D., & Spaner, D. (2007). Does growing Canadian Western Hard Red Spring wheat under organic management alter its bread-making quality? *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(3), 157—167. doi:10.1017/S1742170507001688.
- Minelli, G., Sirri, F., Folegatti, E., Meluzzi, A., & Franchini, A. (2007). Egg quality traits of laying hens reared in organic and conventional systems. *Italian Journal of Animal Science*, 6(sup1), 728—730. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.1s.728>.
- Raigon, M. D., Rodriguez-Burruezo, A., & Prohens, J. (2010). Effects of organic and conventional cultivation methods on composition of eggplant fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(11), 6833—6840. <https://doi.org/10.1021/jf904438n>.
- Rosenquist, H., & Hansen, Å. (2000). The microbial stability of two bakery sourdoughs made from conventionally and organically grown rye. *Food microbiology*, 17(3), 241—250. <https://doi.org/10.1006/fmic.1999.0313>.
- Roussos, P. A., & Gasparatos, D. (2009). Apple tree growth and overall fruit quality under organic and conventional orchard management. *Scientia Horticulturae*, 123(2), 247—252. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.09.011>.
- Ryan, M. H., Derrick, J. W., & Dann, P. R. (2004). Grain mineral concentrations and yield of wheat grown under organic and conventional management. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(3), 207—216.
- Samman, S., Kung, F. P., Carter, L. M., Foster, M. J., Ahmad, Z. I., Phuyal, J. L., & Petocz, P. (2009). Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs. *Food chemistry*, 116(4), 911—914. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.046>.
- Shier, N. W., Kelman, J., & Dunson, J. W. (1984). A comparison of crude protein, moisture, ash and crop yield between organic and conventionally grown wheat. *Nutrition reports international (USA)*.
- Tandon, A., Jabeen, F., Talwar, S., Sakashita, M. & Dhir, A. (2021). Facilitators and inhibitors of organic food buying behavior. *Food Quality and Preference*, 88, 104077.
- Valavanidis, A., Vlachogianni, T., Psomas, A., Zovoili, A., & Siatis, V. (2009). Polyphenolic profile and antioxidant activity of five apple cultivars grown under organic and conventional agricultural practices. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(6), 1167—1175. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01937.x>.
- Van Bueren, E. L., Jones, S. S., Tamm, L., Murphy, K. M., Myers, J. R., Leifert, C., & Messmer, M. M. (2011). The need to breed crop varieties suitable for organic farming, using wheat, tomato and broccoli as examples: a review. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 58(3—4), 193—205. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2010.04.001>.
- Willer, H., Lernoud, J. & Kilcher, L. (2020). The world of organic agriculture. *Statistics and emerging trends*, 17.
- Zagorska, J., & Ciprovica, I. (2008). The chemical composition of organic and conventional milk in Latvia. In *3rd Baltic Conference on Food Science and Technology FOODBALT-2008. Conference Proceedings. Jelgava, LLU*, 10—14.

JUSTIFICATION OF THE COMPOSITION OF CREAM SPREAD PRODUCT USING FOOD EMULSION STABILIZED BY EMULSIVE COMPLEX

O. Niemirich, I. Ustymenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Food emulsion
Dried food products
Spinach powder
Cream cheese
Blended oil*

Article history:

Received 03.08.2021
Received in revised form
13.08.2021
Accepted 23.08.2021

Corresponding author:

I. Ustymenko

E-mail:

ustymenko_ihor@ukr.net

ABSTRACT

The article scientifically substantiates the composition of the product according to the type of cream cheese using fine food emulsion based on blended oil stabilized by an emulsifying complex consisting of oleophilic and hydrophilic emulsifiers and dried food product — spinach powder. The composition of the protein-fat base, consisting of food emulsion of low-fat cheese normalized by the mass fraction of fat for further use in prescription compositions of a cream spread product, was substantiated.

The change of organoleptic and physicochemical indicators of the quality of the protein-fat base with an increase in the mass fraction of blended oil from 10 to 40% was established. Thus, with increasing the mass fraction of blended oil from 10 to 20%, the consistency of the samples of the protein-fat base becomes pastier, and with the increased fat content of the samples from 30 to 40%, there was a rarefaction of the structure. As the content of blended oil in the samples of protein-fat base increased, the titrated acidity (from 184 to 90°T) and moisture (from 80.5 to 68.2%) decreased.

The prescription composition of a creamy pasty product consisted of a protein-fat base with a fat content of 30% and spinach powder was developed.

Using the sensory method, it was found that the sample with a mass fraction of spinach powder of 6% was characterized by a pleasant taste and flavor of spinach, plastic, and smear consistency. According to the results of microstructural analysis, it was found that 6% spinach powder in combination with sodium caseinate as a hydrophilic emulsifier helps to streamline the structure of the milk-protein system.

The result of the study was a scientifically justified composition of an innovative cream spread product with high organoleptic and physicochemical quality indicators.

ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ВЕРШКОВОГО ПАСТОПОДІБНОГО ПРОДУКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ СТАБІЛІЗОВАНОЇ ЕМУЛЬГУЮЧИМ КОМПЛЕКСОМ ХАРЧОВОЇ ЕМУЛЬСІЇ

О. В. Неміріч, І. М. Устименко

Національний університет харчових технологій

У статті науково обґрунтовано склад продукту по типу вершкового сиру з використанням дрібнодисперсної харчової емульсії на основі купажованої олії, стабілізованої емульгуючим комплексом, що складається з олеофільного та гідрофільного емульгаторів і сушеної харчової продукції — порошку зі шпинату. Визначено склад білково-жирової основи, що містить нормалізовану за масовою часткою жиру харчову емульсію сиру кисломолочного нежирного, для подальшого її застосування в рецептурних композиціях вершкового пастоподібного продукту.

Встановлено зміну органолептичних і фізико-хімічних показників якості білково-жирової основи за підвищення масової частки купажованої олії з 10 до 40%. Так, за підвищення масової частки купажованої олії з 10 до 20% консистенція зразків білково-жирової основи стає більш пастоподібною, а з підвищенням жирності зразків з 30 до 40% спостерігається розрідження структури. З підвищенням вмісту купажованої олії у зразках білково-жирової основи знижується титрована кислотність (від 184 до 90°Т) і вологість (від 80,5 до 68,2%).

Розроблено рецептурну композицію вершкового пастоподібного продукту, що складається з білково-жирової основи жирністю 30% та порошку зі шпинату.

За допомогою сенсорного методу встановлено, що зразок з масовою часткою порошку зі шпинату 6% характеризується приємним смаком і присмаком шпинату, пластичною та мазкою консистенцією. За результатами мікроструктурного аналізу встановлено, що порошок зі шпинату у кількості 6% у комплексі з казеїнатом натрію як гідрофільний емульгатор допомагає впорядкувати структуру молочно-білкової системи.

Результатом проведеного дослідження є науково обґрунтований склад інноваційного вершкового пастоподібного продукту з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості.

Ключові слова: харчова емульсія, сушена харчова продукція, порошок зі шпинату, вершковий сир, купажована олія.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку харчової галузі актуальним є створення технологій молочних продуктів з використанням інгредієнтів рослинного походження, серед яких популярними є кисломолочні продукти, оскільки вони є цінними на білки (Ющенко, Миколів & Кузьмик, 2015).

Білки тваринного походження в раціоні харчування людини важливі, тому що виступають будівельним матеріалом клітин, імунних тіл і ферментів організму.

Крім того, інноваційна продукція з інгредієнтами рослинного походження користується підвищеним попитом у споживачів через прийнятну ціну, високу харчову цінність та оригінальні органолептичні властивості (Корзун & Антонюк, 2012).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед жирових компонентів рослинного походження, які доцільно використовувати для комбінування з молочною основою як білковою, слід обрати купажовані олії. Порівняно з молочним жиром вони мають збалансований жирнокислотний склад і підвищений вміст поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) (Полищук, Симахіна & Устименко, 2016).

Особливу увагу привертають вершкові сири, оскільки їхнє виробництво є перспективним завдяки можливості внесення інгредієнтів рослинного походження для отримання принципово нового продукту з оригінальними органолептичними властивостями та підвищеною харчовою цінністю.

Вершкові сири відносяться до сімейства м'яких свіжих сирів. Вони популярні серед споживачів усього світу, наприклад, у США перевагу надають вершковому сиру «Філадельфія», в Італії — «Маскарпоне», у Франції — «Бурсе», в Норвегії — «Снофріск». Ця продукція широко використовується в закладах ресторанного господарства, характеризується різною масовою часткою жиру — 10...40%, солодкуватим смаком і пастоподібною, ніжною консистенцією. Використовують як напівфабрикати для виробництва кулінарної продукції — закусок, десертів, салатів, гарячих страв тощо (Zade & Ghosh, 2016; Herbrand Ta ін., 2007; Brighenti, Govindasamy-Lucey, Lim, Nelson & Lucey, 2008).

Проте використання вершків у технології вершкового сиру підвищує собівартість готового продукту; в ньому незбалансований жирнокислотний склад і низький вміст ПНЖК; застосовано стабілізатори, зокрема, хімічного походження, тощо.

Перспективним напрямом усунення вказаних недоліків є використання як жирового компонента агрегативно стійкої харчової емульсії на основі купажованої олії. Використання такої харчової емульсії дасть змогу знизити собівартість, підвищити харчову цінність готового кисломолочного продукту та скоротити технологічний процес виробництва як вершкового сиру, так і підвищити якість кулінарної продукції з його використання.

Серед сировини рослинного походження для створення нової технології продукту за типом вершкового сиру запропоновано використовувати сушену харчову продукцію — порошок зі шпинату холодного розпилювального сушіння.

Шпинат багатий на білки (2,9 г/100 г), вуглеводи (2,0 г/100 г), вітаміни С (55 мг/100 г), В1 (0,1 мг/100 г), В2 (0,3 мг/100 г), К (482 мг/100 г), Е, D, фолієву кислоту; макроелементи: К (774 мг/100 г), Ca (106 мг/100 г), Mg (82 мг/100 г), P (83 мг/100 г) (Ferrerres, Castaner & Tomas-Barberan, 1997).

Завдяки флаваноїдам і тилакоїдам шпинат пригнічує апетит та підвищує насичення їжею; володіє антиоксидантними властивостями, які запобігають розвитку оксидативної напруги гіперліпідемії при споживанні високожирної їжі (Panda & Shinde, 2017; Rebello та ін., 2015; Ko та ін, 2014).

Також порошок зі шпинату виявляє жирутримувальну та емульгуючу здатності (Неміріч, Петруша, Ясюченко & Дрозд, 2015).

Мета дослідження: наукове обґрунтування складу вершкового сиру з оліями високої харчової цінності у вигляді дрібнодисперсної харчової емульсії та порошком зі шпинату за органолептичними, фізико-хімічними показниками якості та мікроструктурою.

Матеріали і методи. У дослідженнях як жирову компоненту рослинного походження використовували харчову емульсію з масовою часткою жиру 50% на основі купажованої олії (соняшникова + оливкова) (Устименко, 2019).

Агрегативна стійкість харчових емульсій з масовою часткою купажованої олії 50% досягається за рахунок використання емульгувального комплексу, що складається з ефірів полігліцерину та вищих жирних кислот і казеїнату натрію.

Як молочну-білкову основу використовували сир кисломолочний нежирний, отриманий термокислотним осадженням білків відповідно до ДСТУ 4554:2008.

Як харчосмаковий продукт застосовували порошок зі шпинату холодного розпилювального сушіння. Для отримання суспензії з порошку зі шпинату використовували знежирене молоко згідно з ДСТУ 4273:2002.

Титровану й активну кислотності, масову частку вологи білково-жирової основи визначали загальноприйнятими нормативними методами відповідно до ГОСТ 3624, ГОСТ 3626 і ГОСТ 7636.

Мікроструктуру дослідних зразків проводили за допомогою використання цифрового мікроскопа, обладнаного usb-камерою.

Органолептичні показники якості модельних зразків визначали проведенням дегустаційної оцінки досліджуваних зразків.

За контроль брали сир «Філадельфія» з масовою часткою жиру 26% (виробник — «Mondelēz International»).

Викладення основних результатів дослідження. На першому етапі досліджень обґрунтовано склад білково-жирової основи для подальшого її застосування при складанні рецептурних композицій вершкової молочно-білкової композиції. Перетертий сир кисломолочний нежирний нормалізували харчовою емульсією до заданої масової частки купажованої олії.

Зразки білково-жирової основи готували з масовою часткою жиру від 10 до 40%. Склад білково-жирової основи наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Склад білково-жирової основи

Інгредієнти	Масова частка купажованої олії, %			
	10	20	30	40
Молочно-білкова основа нежирна (масова частка білка 18%)	80,0	60,0	40,0	20,0
Харчова емульсія (масова частка жиру 50%)	20,0	40,0	60,0	80,0
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0

Проведено дослідження органолептичних і фізико-хімічних показників якості зразків білково-жирової основи, результати яких наведені у табл. 2 та 3 відповідно.

Таблиця 2. Органолептичні показники якості дослідних зразків білково-жирової основи

Показники	Характеристика зразків				
	з масовою часткою купажованої олії, %				
	Контроль	10	20	30	40
Консистенція, зовнішній вигляд	Мазка, пастоподібна, незначна крупинчастість	М'яка, пастоподібна, незначна крупинчастість		Мазка, дещо розріджена, незначна крупинчастість	Розріджена
Смак і запах	Характерний кисломолочний без сторонніх присмаків і запахів				
Колір	Білий, рівномірний за всією масою				

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники якості дослідних зразків

Показники	Масова частка купажованої олії в зразках, %				
	Контроль	10	20	30	40
Титрована кислотність, °Т	184±14,0	125±12,0	97±8,0	94±9,0	90±8,0
Активна кислотність, рН	4,36±0,40	4,37±0,40	4,40±0,40	4,49±0,40	4,58±0,40
Масова частка вологи, %	80,5±8,0	75,9±7,0	73,1±7,0	70,2±7,0	68,2±6,0

Згідно з даними табл. 2, встановлено зміну органолептичних показників білково-жирової основи: за підвищення масової частки купажованої олії з 10 до 20% консистенція зразків білково-жирової основи стає більш пастоподібною, а з підвищенням жирності зразків з 30 до 40% спостерігається розрідження структури.

У той же час, за даними табл. 3, з підвищенням масової частки купажованої олії у складі білково-жирової основи з 10 до 40% титрована кислотність та вологість зразків знижується.

Отже, зразок з масовою часткою 30% потребує корегування консистенції за рахунок застосування рослинних інгредієнтів у вигляді дрібнодисперсних порошків.

На другому етапі дослідження було розроблено рецептурну композицію вершкового пастоподібного продукту з привабливими органолептичними показниками якості та підвищеною харчовою цінністю за рахунок застосування порошку зі шпинату.

Порошок зі шпинату вносили до білково-жирової основи у вигляді суспензії на пастеризованому й охолодженому знежиреному молоці за гідромодуля 1:7. За допомогою сенсорного методу було встановлено рекомендований вміст суспензії у перерахунку на масову частку порошку зі шпинату у складі продукту за типом вершкового сиру.

Досліджувані зразки оцінювали за 5-бальною шкалою за такими дискрипторами: смак і запах; присмак і запах шпинату; консистенція; інтенсивність забарвлення; зовнішній вигляд. Профілограми дослідних зразків продукту за типом сиру вершкового представлені на рис. 1.

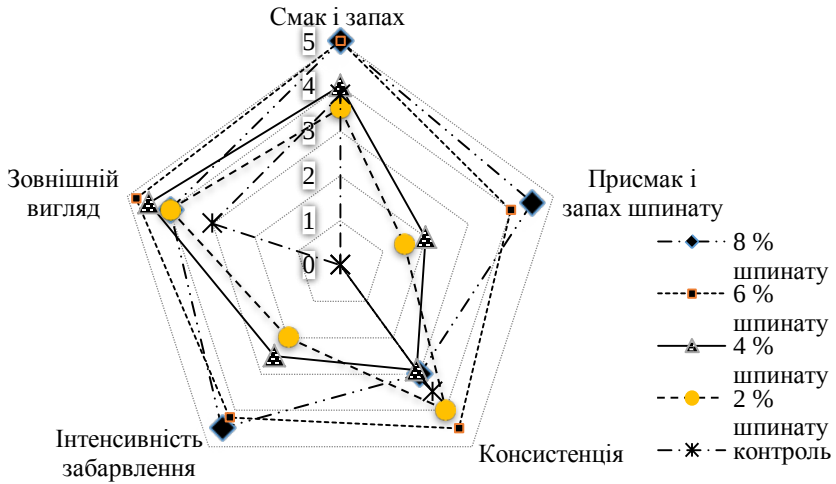
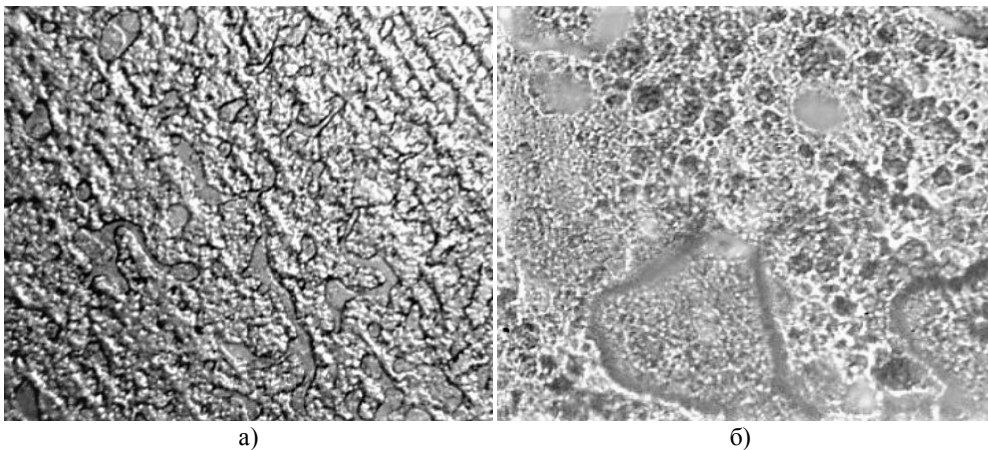


Рис. 1. Профілограми дослідних зразків продукту

Органолептично встановлено, що внесення порошку зі шпинату у масовій частці 2% практично не впливає на смак і присмак зразка. За масової частки порошку зі шпинату 6% дослідний зразок характеризується приємним смаком і ароматом та присмаком шпинату, консистенція зразка стає пластичною, мазкою, однорідною. Внесення порошку зі шпинату у кількості 8% надає зразку занадто овочового смаку та крихкої консистенції.

Отже, за результатами дослідження органолептичних показників якості зразків рекомендований вміст у вершковому продукті порошку зі шпинату становить 6%.

Досліджено мікроструктуру інноваційної вершкової композиції, яка представлена на рис. 2.



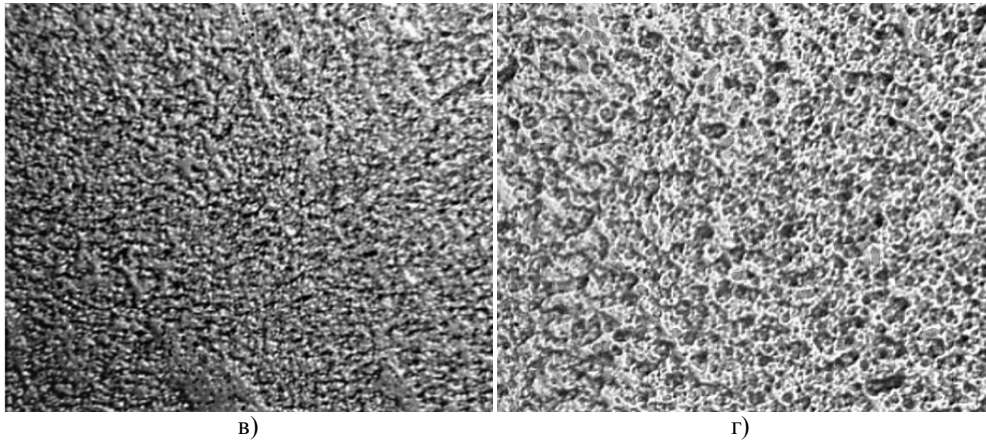


Рис. 2. Мікроструктура: а — контроль (х=150 разів); б — контроль (х=600 разів);
в — вершкова композиція з харчовою емульсією та порошком зі шпинату (х=150 разів);
г — вершкова композиція з харчовою емульсією та порошком зі шпинату (х=600 разів)

З мікроструктури контролю (а, б) видно утворення розрізнених структур неправильної форми, білкові та жирові включення розташовані більш окремо один від одного в порівнянні з інноваційною вершковою композицією.

Як видно з рис. 2, при додаванні до вершкової композиції 6% порошку зі шпинату (в, г) спостерігається утворення більш гомогенної системи, складові дисперсійного середовища знаходяться у вигляді щільно розташованих утворень правильної форми. Це пояснюється жиром- та вологоутримувальною здатністю порошку зі шпинату та вмісту казеїнату натрію як стабілізуючого та емульгуючого агента у складі харчової емульсії. Ці компоненти допомагають впорядкувати структуру молочно-білкової системи.

Основним результатом проведеного дослідження є науково обґрунтований склад вершкового пастоподібного продукту з привабливими смаковими характеристиками, мазкою та пластичною консистенцією.

Висновки

За результатами органолептичних і фізико-хімічних показників якості встановлено можливість застосування стабілізованої емульгуючим комплексом дрібнодисперсної харчової емульсії на основі купажованої олії у складі вершкового пастоподібного продукту в межах вмісту жирності — від 10 до 30%.

Встановлено, що внесення 6% порошку зі шпинату до складу зразка олієвмісного кисломолочного продукту з масовою часткою купажованої олії 30% дає змогу отримати вершковий пастоподібний продукт з привабливими смаковими та колірними властивостями і впорядкованою гомогенною структурою.

Перспективою подальших досліджень є встановлення харчової цінності та дослідження показників якості вершкового пастоподібного продукту впродовж зберігання.

Література

- Корзун, В. Н. & Антонюк І. Ю. (2012). Технологія запіканок із кисломолочного сиру підвищеної харчової цінності. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*, 41(2), 63—67.
- Неміріч, О. В., Петруша, О. О., Ясющенко, О. С. & Дрозд, Н. В. (2015). Дослідження відновлюючої та емульгуючої здатностей овочевих і фруктових порошків. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 3(10), 26—30.
- Полищук Г., Симахина Г., Устименко И. и др. Научное обоснование состава эмульсий для нормализации белково-жировых продуктов. *Maisto chemija ir technologija. Mokslo darbai*. 2016. 1, 45—55.
- Устименко, І. М. (2019). Удосконалення технологій молоковмісних продуктів шляхом використання харчових емульсій: автореф. дис. канд. техн. наук. Національний університет харчових технологій, Київ.
- Ющенко, Н. М., Миколів, І. М. & Кузьмик, У. Г. (2015). Обґрунтування вибору компонентів композицій натуральних прянощів для кисломолочних паст. *Харчова промисловість*, 18, 19—26.
- Brighenti, M., Govindasamy-Lucey, S., Lim, K. Nelson, K. & Lucey, J. A. (2008). Characterization of the Rheological, Textural, and Sensory Properties of Samples of Commercial US Cream Cheese with Different Fat Contents. *Journal of Dairy Science*, 12, 4501—4517.
- Ferreres, F., Castaner, M. & Tomas-Barberan, F. A. (1997). Acylated flavonol glycosides from spinach leaves (*Spinacia oleracea*). *Phytochemistry*, 8, 1701—1705.
- Rebello, C. J., Chu, J., Beyl, R., Edwall, D., Erlanson-Albertsson, C. & Greenway, F. L. (2015). Acute Effects of a Spinach Extract Rich in Thylakoids on Satiety: A Randomized Controlled Crossover Trial. *J. Am. Coll. Nutr.*, 34(6), 470—477.
- Herbrand, K., Hammerschmidt, F. J., Brennecke, S., Liebig, M., Lösing, G., Schmidt, C. O., Gatfield, I., Krammer, G., & Bertram, H. J. (2007). Identification of allyl esters in garlic cheese, *J. Agric. Food Chem*, 55(19), 7874—7878.
- Ko, S. H., Park, J. H., Kim, S. Y., Lee, S. W., Chun, S. S. & Park, E. (2014). Antioxidant Effects of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Supplementation in Hyperlipidemic Rats. *Prev. Nutr. Food Sci.*, 19(1), 19—26.
- Panda, V. & Shinde, P. (2017). Appetite suppressing effect of *Spinacia oleracea* in rats: Involvement of the short term satiety signal cholecystokinin. *Appetite*, 113, 224—230.
- Zade, B. & Ghosh, C. Mascarpone cheese — a butter substitute, Indian. *J Dairy Sci.*, 69(2), 132—135.

INFLUENCE OF THE LOW-TEMPERATURE TREATMENT CONDITIONS ON QUALITY AND SAFETY OF THE PORK MEAT

O. Synytsia, L. Vinnikova

Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

Thermal treatment

Denaturation

Cooking loss

Safety

Article history:

Received 22.07.2021

Received in revised form
02.08.2021

Accepted 16.08.2021

Corresponding author:

O. Synytsia

E-mail:

olia4ka2403@gmail.com

ABSTRACT

The traditional heat treatment conditions applied at modern meat processing plants are developed with a reserve for microbiological strength, which is explained by the need for guaranteed destruction of unwanted microorganisms. However, the detrimental effect of high temperatures on the nutritional and sensory properties of the meat product is known.

The paper considers an important issue of microbiological safety of the meat products processed at mild temperature conditions. The dynamics of denaturation changes in muscle tissue proteins caused by different temperatures are revealed. Particular attention is paid to the recent studies of the effect of low-temperature long-term processing on the structural-mechanical and sensory properties of the meat system.

The paper presents experimental studies of the effect of low-temperature treatment on the quality characteristics and microbiological safety of the pork meat. The temperature treatment was carried out in the temperature range of 55... 61°C with an exposure up to 4 hours. The effect of temperature and time of treatment on the degree of denaturation of muscle tissue proteins, meat weight loss, inactivation of the required number of microorganisms and culinary doneness was determined.

Analysis of the results of the degree of denaturation of proteins and weight loss demonstrated that temperature has a greater effect on destructive changes in the meat system than duration. The meat weight loss increases rapidly when heated to a temperature in the center of the product of 61°C. To achieve microbiological safety, the treatment at a temperature of 60°C with an exposure time of 1 hour is sufficient. Treatment at 55...57°C does not cause the necessary inactivation of microorganisms even after 4 hours. Exposure for one hour at temperatures of 60...61°C results in the required level of residual acid phosphatase activity.

Based on the research, it was determined that the rational parameters are treatment during 1 hour at a temperature in the center of the product of 60°C.

ВПЛИВ РЕЖИМІВ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА ЯКІСТЬ І БЕЗПЕКУ М'ЯСА СВИНИНИ

О. В. Синиця, Л. Г. Віннікова

Одеська національна академія харчових технологій

Традиційні режими температурного оброблення, що використовуються на сучасних м'ясопереробних підприємствах, розроблені із запасом мікробіологічної міцності, що пояснюється необхідністю гарантованого знищення небажаних мікроорганізмів. Водночас відомий згубний вплив високих температур на поживні та сенсорні властивості м'ясного продукту.

У статті розглянуто важливе питання мікробіологічної безпеки м'ясних продуктів, оброблених при м'яких температурних режимах. Розкрито динаміку денатураційних змін білків м'язової тканин, викликаних різними змінами температурами. Особливу увагу приділено останнім дослідженням впливу низькотемпературного тривалого оброблення на структурно-механічні та сенсорні властивості м'ясної системи.

Наведено експериментальні дослідження впливу низькотемпературного оброблення на якісні характеристики та мікробіологічну безпечність м'яса свинини. Температурне оброблення проводилось у діапазоні температур 55...61°C з експозицією до 4 год. Визначено вплив температури та часу оброблення на ступінь денатурації м'язових білків, втрату маси м'яса, інактивації необхідної кількості мікроорганізмів і досягнення стану кулінарної готовності.

Аналіз результатів ступеня денатурації білків і втрат маси показав, що температура більшою мірою впливає на деструктивні зміни у м'ясній системі, ніж тривалість. Втрати маси м'яса стрімко зростають при нагріві до температури в центрі продукту 61°C. Для досягнення мікробіологічної безпеки достатнім є оброблення при температурі 60°C з часом експозиції 1 год. Оброблення при 55...57°C не викликає необхідної інактивації мікроорганізмів навіть через 4 год. Експозиція протягом години при температурах 60...61°C призводить до необхідного рівня залишкової активності кислої фосфатази.

На основі проведених досліджень визначено, що раціональними параметрами є оброблення протягом 1 год при температурі в центрі продукту 60°C.

Ключові слова: температурне оброблення, денатурація, втрата маси, безпечність.

Постановка проблеми. Зміни в способі життя населення внаслідок глобалізації, а також розширення знань про взаємозв'язок харчування та здоров'я, вимагають суттєвих перетворень у структурі харчування, зокрема і в м'ясній промисловості. Все більше зростає попит на готові до вживання м'ясні продукти з мінімально необхідною обробкою та максимальним збереженням якості.

Більшість м'ясних продуктів виробляється з використанням температурного оброблення як основного способу досягнення кулінарної готовності. Завдяки дії температури на м'ясо підвищується його санітарно-гігієнічний стан, шляхом інактивації патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів, а також утворю-

ються бажані сенсорні характеристики (смак та аромат). На якісні характеристики м'ясного продукту впливає спосіб і температурно-часові параметри його приготування. Залежно від інтенсивності температурного оброблення якість продукту значно змінюється (Cepeda, Weller, Negahban, Subbiah, & Thippareddi, 2013).

Під час приготування м'ясні білки денатурують при різних температурах, що викликає структурні зміни в текстурному профілі м'яса. Це призводило до руйнування клітинних мембран, усадки м'язових волокон, агрегації і гелеутворення міофібрилярних і саркоплазматичних білків, а також до усадки й розчинення сполучної тканини (Tornber, 2013).

Харчова цінність м'яса суттєво залежить від глибини змін у результаті фізико-хімічних реакцій, викликаних різними параметрами температурного оброблення (Garcia-Agias, Pontes, Garcia-Linares, Garcia-Fernandez, & Sánchez-Muniz, 2003).

Температура має важливий вплив на біологічну цінність м'яса, і в той же час на його можливу токсичність (Kondjoan та ін., 2014). При варінні м'ясо стає їстівним, збільшується його засвоюваність (Białobrzewski, та ін., 2010). Температура, що використовується при обробленні суттєво впливає на ступінь перетравлюваності м'яса організмом. У дослідженнях *in vivo* (Oberli та ін., 2016), яке проводилось на щурах, було визначено вплив різних параметрів термооброблення яловичини на засвоюваність м'язових білків. Результати показали значно вищу перетравлюваність м'яса, обробленого до температури в центрі 60...64°C, ніж при 100°C. Дослідження також показало, що перетравлене м'ясо, оброблене при 100°C, містило значно вищий вміст карбонілів білка, ніж сире і помірно приготовлене (60...64°C).

Отримані за допомогою сучасних методів дослідження дані про денатурацію м'язових білків м'яса і їх вплив на властивості теплоіндукованих продуктів, відкривають перспективу перегляду й оновлення традиційних режимів. Передбачається, що параметри термооброблення повинні відповідати типу м'яса, кількості сполучної тканини, його формам і розмірам.

Сьогодні перспективним способом виготовлення м'ясного продукту є використання тривалого низькотемпературного оброблення (*low-temperature long-time*), що дає змогу отримувати продукт з покращеними якісними характеристиками.

При використанні м'яких режимів (LTLT) термічного оброблення разом з покращенням органолептичних характеристик, харчової та біологічної цінності, виникає проблема вибору мінімально необхідного теплового навантаження для достатньої інактивації мікроорганізмів.

Зважаючи на важливість температурного оброблення у м'ясопереробній промисловості, вважаємо актуальним проведення дослідження впливу низькотемпературного оброблення на якість тібезпеку м'яса.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Температурне оброблення м'яса при низькій температурі протягом тривалого часу вивчалася багатьма дослідниками: на яловичині (García-Segovia, Andrés-Bello, & Martínez-Monzó, 2007; Christensen, та ін., 2012; Botinestean, Keenan, Kerry, & Hamill, 2016), свинині (Christensen, L., Bertram, Aaslyng, & Christensen, 2011; Christensen, та ін., 2012; Del Pulgar, Gázquez, & Ruiz-Carrascal 2012), баранині (Roldán, Antequera, Martín,

Mayoral, & Ruiz, 2013). Вважається, що такий метод має більше переваг (підвищена ніжність, поліпшена збереженість кольору, краща текстура і ніжніший смак), ніж традиційні режими.

Денатурація, агрегація і деградація міофібрилярних, саркоплазматичних і білків сполучної тканини відбувається залежно від поєднання часу і температури під час термічного оброблення. Зміни білків, особливо денатурація колагену, разом з протеолітичною активністю, часто вважаються основними причинами підвищеної м'ясної ніжності. Температурний градієнт впливає на швидкість і ступінь зміни структури білків у м'ясі, тоді як метод теплопередачі впливає на запах, смак і колір. У цілому оптимальна ніжність і соковитість, мінімальні втрати при обробленні м'яса досягаються при помірних або низьких температурах (Tornber, 2005).

Численні білки м'яса в процесі нагріву денатурують у різних температурних діапазонах. У дослідженні (Kemp, North, & Leath, 2009) диференціально скануючої калориметрії (ДСК) виміряли видиму теплоємність окремих білкових компонентів у діапазоні від 20°C до 90°C і виявили, що міофібрилярні білки ягняти і яловичини мали пік денатурації між 55°C і 60°C, тоді як білки строми при 60°C.

Температурне оброблення нижче 60°C призводить до усадки поперечних м'язових волокон, а більш високі температури спричиняють сильну поздовжню усадку, яка суттєво впливає на втрати маси продукту. При низькій температурі нагріву від 40°C до 52,5°C відбувається денатурація саркоплазматичних і міофібрилярних білків, що призводить до повільної втрати рідини з міофібрил без їх укорочення. Підвищення температури від 52,5°C до 60°C не викликає загального укорочення, але призводить до більш швидкої втрати рідини з міофібрил. Оброблення при температурі від 64°C до 94°C викликає втрати маси через загальне укорочення м'язового волокна, спричинене термоусадкою ендомізіального, перимізіального і епімізіального колагену (Voutila, Ruusunen, & Puolanne, 2008; Brüggemann, Brewer, Risbo, & Bagatolli, 2010).

При тривалому приготуванні м'яса при м'яких температурах відбувається часткова або повна желатинізація колагену, в результаті чого м'ясо стає м'яким і ніжним (Lepetit, 2007).

Використання високих температур у технології виготовлення м'ясних продуктів призводить до погіршення їх якості та можливого утворення шкідливих канцерогенних речовин. Використання температури в діапазоні 50—60°C істотно збільшує вихід продукту, покращує сенсорні характеристики, надає високої харчової і біологічної цінності продукту за рахунок зниження втрат незамінних амінокислот, вітамінів, а також покращує засвоюваність та органолептичні показники (Tornber, 2005). При використанні цих температур постає питання безпечності виготовленого продукту.

Традиційно для інактивації необхідної кількості мікроорганізмів достатнім є нагрів продукту до 68...72°C. Такі режими оброблення гарантують інактивацію небезпечних патогенів (*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Staphylococcus aureus* і *Listeria monocytogene*) та мікроорганізмів, що викликають псування (*Pseudomonas*, *Lactobacillus*).

На сьогодні проведено ряд досліджень впливу м'яких режимів оброблення на патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми. Як індикатор безпеки при

тривалому термообробленні при низькій температурі був використаний досить теплостійкий патоген *L. monocitogenes*. Встановлено, що при обробленні м'яса протягом 6,5 год при температурі 50...55 °C досягається мікробіологічна безпечність продукту (Linton, Carter, Pierson & Hackney, 1995).

Результати декількох досліджень показали, що температурне оброблення яловичини при 50...62°C, свинини при 53 та 58°C протягом 6 год, ягняти — 6 год при 60°C було достатнім для зменшення кількості мікроорганізмів, молочнокислих бактерій, коків, *Enterobacteriaceae*, а також *L. monocitogenes* і *Salmonella* на 5D (Smelt & Brul, 2014; Salaseviciene, Vaiciulyte-Funk & Koscelkovskienė, 2014; Becker, Boulaaba, Pinggen, Röhrner & Klein, 2015).

Натепер відомо, що мезофільні бактерії інактивуються навіть найбільш м'якими температурами за умови, якщо час витримки досить великий.

При тривалому температурному обробленні при 53°C досягнуто скорочення *Listeria monocitogenes* на 5D...6,7D (Gunvig, Jacobsen & Torngren, 2012). Інактивація *Salmonella*, *L. monocitogenes* і *E. coli* (O157: H7) на рівні 5D спостерігалась у м'ясі свинини через 10 год оброблення при температурі 53°C (Becker, та ін., 2015).

Проведені дослідження (Duan, Hansen, Hansen, Dalgaard, & Knøchel, 2016) інактивацію *C. perfringens* при різних температурах та швидкостях нагрівання свинини показали, що повільне нагрівання призводило до збільшення термостійкості мікроорганізмів, а отже, для інактивації потрібний більш тривалий ізотермічний вплив при температурі 53°C.

Ретроспективний аналіз наукових публікацій підтвердив позитивний вплив м'яких режимів температурного оброблення на якість м'яса, проте відомості щодо впливу низьких температур на мікробіоту м'яса досить суперечливі, залежать від багатьох факторів і потребують продовження досліджень у цьому перспективному напрямку.

Мета дослідження: аналіз впливу низькотемпературних режимів оброблення на денатураційні зміни білків і мікробіологічну безпеку м'яса свинини.

Матеріали і методи. Експериментальні дослідження проводились у науково-дослідних лабораторіях Одеської національної академії харчових технологій на кафедрах «Технологія м'яса, риби і морепродуктів» та «Біохімії, мікробіології та фізіології харчування» (ОНАХТ).

Матеріалом дослідження була спинно-поперекова частина свинини (корейка) в охолодженому стані.

Ступінь денатурації саркоплазматичних і міофібрилярних білків у процесі теплової обробки визначали шляхом їх послідовного екстрагування буферними розчинами різної іонної сили (Ефимова, Лощилина & Пакляченко, 2010) і визначенням масової частки білка методом К'ельдаля (ГОСТ 25011-2017). Розрахунок ступеня денатурації білків здійснювали за формулою:

$$D = \frac{C_0 - C_T}{C_0} \cdot 100, \quad (1)$$

де C_0 — масова частка білка в зразках до температурного оброблення, мг/см³, C_T — масова частка білка в зразках після температурного оброблення, мг/см³.

Втрати маси м'яса після термооброблення визначали розрахунковим методом (зважуванням зразків до і після термооброблення).

Визначення залишкової активності кислої фосфатази проводили відповідно до ДСТУ 7382:2013.

Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів визначали відповідно до ГОСТ 8446:2015.

Викладення основних результатів дослідження. Денатураційні зміни білків у результаті дії температури безпосередньо впливають на функціонально-технологічні, структурно-механічні й органолептичні характеристики готових м'ясних продуктів. Вибір режимів температурного оброблення повинен бути індивідуальним і науково обґрунтованим для різних видів м'ясних продуктів, зважаючи на морфологічну частину м'яса, санітарно-гігієнічний стан сировини та бажані характеристики готового продукту.

Для досліджень впливу температурного оброблення на фізико-хімічні та мікробіологічні показники зразки м'яса завантажували у варильну камеру з температурою грюючого середовища 30°C і проводили нагрів до температури 55...62°C з кроком 1°C. При досягненні заданої температури в центрі продукту (55...62°C) проводили експозицію від 0 до 4 год з кроком 30 хв.

На рис. 1 та 2 представлені результати дослідження впливу температури та тривалості варіння на ступінь денатурації міофібрилярних і саркоплазматичних білків.

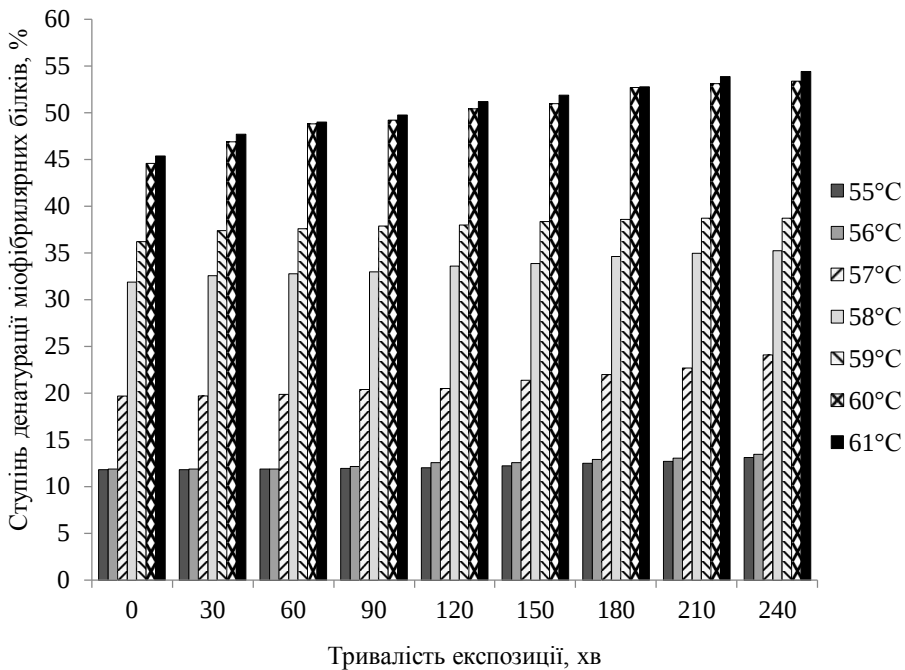


Рис. 1. Вплив температури і тривалості оброблення на ступінь денатурації міофібрилярних білків

Аналіз даних впливу параметрів температурного оброблення на ступінь денатурації показав, що міофібрилярні білки меншою мірою денатурують, ніж саркоплазматичні в температурному діапазоні 55...61°C.

Збільшення теплового навантаження з 55°C до 61°C призвело до збільшення ступеня денатурації саркоплазматичних білків з 20,81% до 59,90% та міофібрилярних — з 11,84% до 45,39% при досягненні відповідної температури в частині м'яса, яка найменш прогрівается.

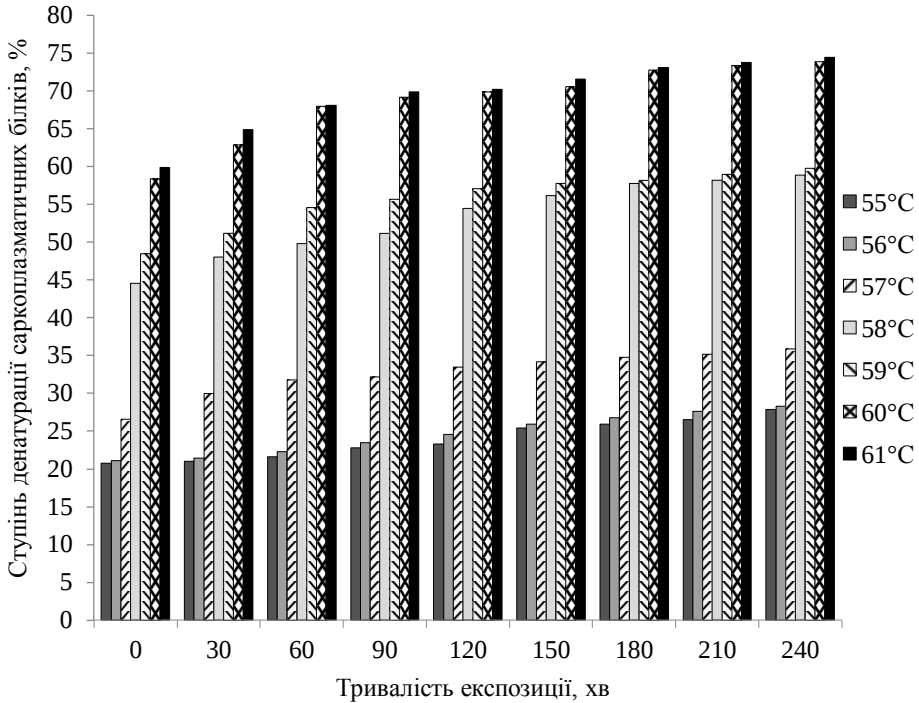


Рис. 2. Вплив температури і тривалості оброблення на ступінь денатурації саркоплазматичних білків

Результати дослідження показали значний вплив тривалості оброблення на денатурацію білків м'яса. Так, через 4 год експозиції різниця ступеня денатурації в зразках, оброблених при температурі 55°C і 61°C, склала 46,6% саркоплазматичних і 41,29% міофібрилярних білків.

Важливо відмітити, що нагрів до температур 60°C та 61°C в центрі м'яса призводить до значно більших деструктивних змін білків, ніж експозиція протягом 4 год при температурах 55...59°C. Різниця між ступенем денатурації при досягненні 55°C в центрі продукту та через 4 год експозиції складає 7,1% для саркоплазматичних білків та 1,3% міофібрилярних.

Найвищий ступінь денатурації відбувається при температурах 60°C та 61°C. Різниця у значеннях при нагріві до 60°C та 61°C незначна і сягає 1,5% саркоплазматичних та 0,8% міофібрилярних білків, а після експозиції протягом 4 год різниця складає 0,6% та 1,04% відповідно.

У результаті денатурації білків змінюються їх нативні властивості, що викликає зниження вологоутримувальної здатності, втрату маси продукту та зміну

органолептичних характеристик, особливо соковитості та ніжності готового продукту.

Втрата маси при термообробленні є критичним фактором у м'ясній промисловості, оскільки вона визначає технологічний вихід і впливає на вартість продукту. З точки зору харчової цінності втрати маси відображаються у втраті розчинних білків, вітамінів і жирних кислот.

У зв'язку з цим були проведені дослідження впливу температурного оброблення на втрату маси м'яса (рис. 2).

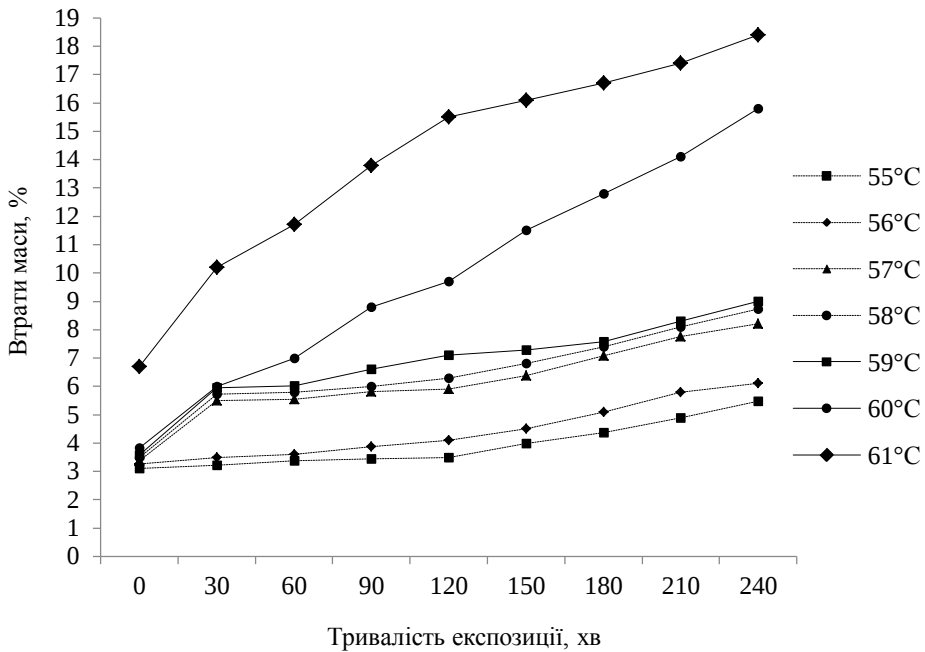


Рис. 3. Вплив температури і тривалості оброблення на втрати маси свинини

Результати проведених досліджень втрати маси м'яса свинини залежно від температурно-часових параметрів оброблення показали, що чим нижча температура, тим менші втрати, навіть при тривалій експозиції.

Збільшення температури оброблення викликає стрімке зростання втрати маси як при досягненні заданої температури в центрі м'яса, так і в результаті експозиції. На рис. 3 видно, що при нагріві до температури 55°C втрати збільшились з 3,1% до 5,48% за 4 год оброблення, а при температурі 61°C — з 6,7% до 18,4%.

Наглядна тенденція до зростання втрати маси м'яса пов'язана з температурою денатурації м'язових білків і узгоджується з отриманими даними (рис. 1 і 2) зміни ступеня денатурації міофібрилярних і саркоплазматичних білків.

Збільшення температури оброблення на 1°C в температурному діапазоні з 60°C...61°C призвело до різкого зростання втрати маси майже у 2 рази (на 2,87%). Крім того, втрати при температурі 60°C більш стрімко зростають після години оброблення, а при 61°C зменшення маси відбувається суттєво протягом

усього часу експозиції. Таким чином, аналіз отриманих результатів вказує на значно менші втрати маси при температурі оброблення м'яса свинини до 60°C.

У технології харчових продуктів найважливішим є виробництво мікробіально безпечних продуктів. Зважаючи на той факт, що дослідні температури оброблення значно нижчі за ті, що використовуються у м'ясній промисловості для досягнення безпечності та кулінарної готовності, були проведені дослідження впливу параметрів термооброблення на мікробіологічні показники м'яса свинини (рис. 4).

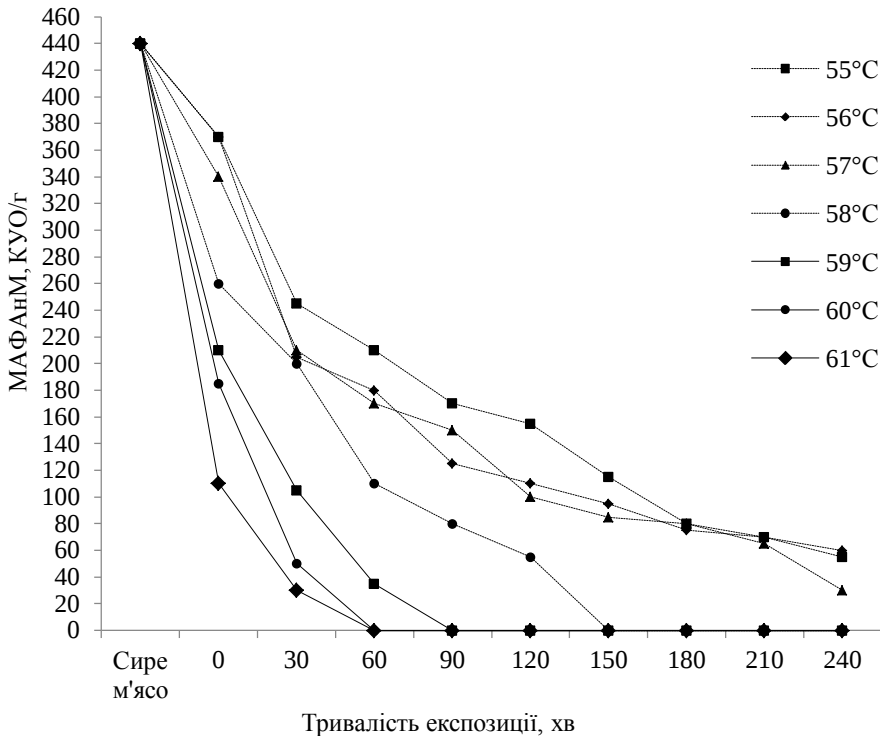


Рис. 4. Вплив температури і тривалості оброблення на загальну мікробіальну забрудненість м'яса свинини

Аналіз результатів мікробіологічного стану м'яса в процесі температурного оброблення вказує на те, що для інактивації вегетативної мікробіоти необхідно провести оброблення м'яса протягом 1 год при температурі 60...61°C, 1,5 год — при 59°C або 3 год — при 58°C. Термооброблення в температурному діапазоні 55...57°C навіть через 4 год експозиції не викликало достатнього зниження рівня мікробіоти.

Температурне оброблення характеризується зниженням залишкової активності кислої фосфатази. Значення цього показника на рівні $\leq 0,006\%$ свідчить про кулінарну готовність м'ясного продукту. У зв'язку з цим були проведені визначення масової частки фенолу у зразках м'яса свинини, оброблених при різних температурах (рис. 5).

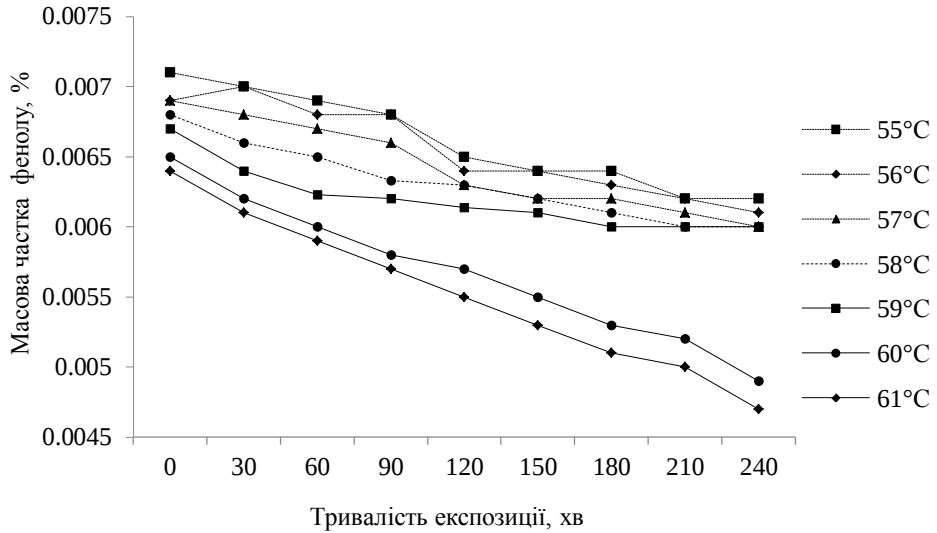


Рис. 5. Вплив температури і тривалості оброблення на залишкову активність кислій фосфатази в м'ясі свинини

Результати дослідження показують, що для досягнення стану кулінарної готовності недостатньо лише нагріти продукт до температури в центрі 55...61°C.

Необхідне значення масової частки фенолу досягається у м'ясі після 1 год оброблення при температурі 60...61°C. Нижчі температури потребують більш тривалої експозиції: 3 год при 59°C; 3,5 год при 58°C; 4 год при 57°C. Оброблення в температурному діапазоні 55...56°C навіть через 4 год експозиції не викликало необхідного зниження залишкової активності кислій фосфатази.

Отже, проведені дослідження дають змогу стверджувати, що температурне оброблення протягом 1 год при температурі 60°C в частині м'яса, яка прогрівається найменше, є раціональним режимом оброблення корейки свинини.

Висновки

Проведені дослідження впливу температурного оброблення на ступінь денатурації м'язових білків, втрати маси, мікробіологічні показники та залишкову активність кислій фосфатази свідчать, що температура 60°C та експозиція протягом 1 год є оптимальними параметрами для достатнього рівня денатурації білків, інактивації мікроорганізмів, мінімізації втрат при варінні та досягнення стану кулінарної готовності. Подальші дослідження будуть направлені на вдосконалення технології варених і копчено-варених виробів зі свинини з використанням режимів низькотемпературного оброблення та проведення дослідження впливу термооброблення на фізико-хімічні, структурно-механічні, органолептичні показники, мікробіологічну безпечність, харчову і біологічну цінність готових продуктів.

Література

- Ефимова, М. В., Лощина, М. А., Паключенко, С. А. (2010). Анализ фракционного состава белков мышечной ткани на основе их растворимости. *Вестник Камчатского государственного технического университета*, (13), 15—19.
- Becker, A., Boulaaba, A., Pinggen, S., Röhrner, A., Klein, G. (2015). Low temperature, long time treatment of porcine M. longissimus thoracis et lumborum in a combi steamer under commercial conditions. *Meat Science*, 110, 230-235. Doi: 10.1016/j.meatsci.2015.07.024.
- Białobrzewski, I., Danowska-Oziewicz, M., Karpińska-Tymoszczyk, M., Nalepa, B., Markowski, M., Myhan, R. (2010). Turkey breast roasting—Process optimization. *Journal of food engineering*, 96(3), 394-400. Doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.08.013.
- Botinestean, C., Keenan, D. F., Kerry, J. P., Hamill, R. M. (2016). The effect of thermal treatments including sous-vide, blast freezing and their combinations on beef tenderness of M. semitendinosus steaks targeted at elderly consumers. *LWT*, 74, 154—159. Doi:10.1016/j.lwt.2016.07.026.
- Brüggemann, D. A., Brewer, J., Risbo, J., Bagatolli, L. (2010). Second harmonic generation microscopy: A tool for spatially and temporally resolved studies of heat induced structural changes in meat. *Food biophysics*, 5(1), 1—8. Doi: 10.1007/s11483-009-9137-4.
- Cepeda, J. F., Weller, C. L., Negahban, M., Subbiah, J., Thippareddi, H. (2013). Heat and mass transfer modeling for microbial food safety applications in the meat industry: a review. *Food Engineering Reviews*, 5(2), 57—76. Doi:10.1007/s12393-013-9063-6.
- Christensen, L., Bertram, H. C., Aaslyng, M. D., Christensen, M. (2011). Protein denaturation and water–protein interactions as affected by low temperature long time treatment of porcine Longissimus dorsi. *Meat Science*, 88(4), 718—722. Doi: 10.1016/j.meatsci.2011.03.002.
- Christensen, L., Gunvig, A., Tørngren, M. A., Aaslyng, M. D., Knøchel, S., Christensen, M. (2012). Sensory characteristics of meat cooked for prolonged times at low temperature. *Meat Science*, 90(2), 485—489. Doi:10.1016/j.meatsci.2011.09.012.
- Christensen, L., Erbjerg, P., Løje, H., Risbo, J., van den Berg, F. W., Christensen, M. (2013). Relationship between meat toughness and properties of connective tissue from cows and young bulls heat treated at low temperatures for prolonged times. *Meat science*, 93(4), 787—795. Doi:10.1016/j.meatsci.2012.12.001.
- Del Pulgar, J. S., Gázquez, A., & Ruiz-Carrascal, J. (2012). Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*, 90(3), 828—835. Doi:10.1016/j.meatsci.2011.11.024.
- Duan, Z., Hansen, T. H., Hansen, T. B., Dalgaard, P., Knøchel, S. (2016). Predicting outgrowth and inactivation of *Clostridium perfringens* in meat products during low temperature long time heat treatment. *International journal of food microbiology*, 230, 45—57. Doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2016.03.019.
- García-Arias, M. T., Pontes, E. Á., García-Linares, M. C., García-Fernandez, M. C., Sánchez-Muniz, F. J. (2003). Cooking–freezing–reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food chemistry*, 83(3), 349—356. Doi: 10.1016/S0308-8146(03)00095-5.
- García-Segovia, P., Andrés-Bello, A., & Martínez-Monzó, J. (2007). Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (M. pectoralis). *Journal of Food Engineering*, 80(3), 813—821. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.07.010.
- Gunvig, A., Jacobsen, T., Tørngren, M. A. (2012). How to make safe, juicy and rose beef patties for the food service sector. In *Paper presented at the 58th International Congress of Meat Science and Technology*, 12—17.
- Kemp, R. M., North, M. F., Leath, S. R. (2009). Component heat capacities for lamb, beef and pork at elevated temperatures. *Journal of food engineering*, 92(3), 280—284. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.11.006.

Kondjoyan, A., Kohler, A., Realini, C. E., Portanguen, S., Kowalski, R., Clerjon, S., ... Debrauwer, L. (2014). Towards models for the prediction of beef meat quality during cooking. *Meat Science*, 97(3), 323—331. Doi: 10.1016/j.meatsci.2013.07.032.

Lepetit, J. (2007). A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. *Meat Science*, 76(1), 147—159. Doi: 10.1016/j.meatsci.2006.10.027.

Linton, R. H., Carter, W. H., Pierson, M. D., Hackney, C. R. (1995). Use of a modified Gompertz equation to model nonlinear survival curves for *Listeria monocytogenes* Scott A. *Journal of Food Protection*, 58(9), 946—954. Doi: 10.4315/0362-028X-58.9.946.

Oberli, M., Lan, A., Khodorova, N., Santé-Lhoutellier, V., Walker, F., Piedcoq, J., Gaudichon, C. (2016). Compared with raw bovine meat, boiling but not grilling, barbecuing, or roasting decreases protein digestibility without any major consequences for intestinal mucosa in rats, although the daily ingestion of bovine meat induces histologic modifications in the colon. *The Journal of nutrition*, 146(8), 1506—1513. Doi: 10.3945/jn.116.230839.

Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A. I., Ruiz, J. (2013). Effect of different temperature–time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat science*, 93(3), 572—578. Doi: 10.1016/j.meatsci.2012.11.014.

Salaseviciene, A., Vaiciulyte-Funk, L., Koscelkovskienė, I. (2014). *Impact of low temperature, prolonged time treatment and vacuum depth on the porcine muscle quality and safety*. In 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-Being.

Smelt, J. P. P. M., Brul, S. (2014). Thermal inactivation of microorganisms. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(10), 1371–1385. Doi:10.1080/10408398.2011.637645.

Tornberg, E. V. A. (2005). Effects of heat on meat proteins—Implications on structure and quality of meat products. *Meat science*, 70(3), 493—508. Doi:10.1016/j.meatsci.2004.11.021.

Tornberg, E. (2013). Engineering processes in meat products and how they influence their biophysical properties. *Meat science*, 95(4), 871—878. Doi:10.1016/j.meatsci.2013.04.053.

Voutila, L., Ruusunen, M., Puolanne, E. (2008). Comparison of the thermal characteristics of connective tissue in loose structured and normal structured porcine *M. semimembranosus*. *Meat science*, 80(4), 1024—1030. Doi: 10.1016/j.meatsci.2008.04.021.

STUDY OF THE POSSIBILITY OF DEODORATION OF SUNFLOWER LECITHIN

A. Demydova, F. Gladky

National Technical University “Kharkiv Polytechnical Institute”

Y. Shemanska

National University of Food Technologies

Key words:

*Sunflower lecithin
Deodorization
Sensory characteristics
Ethyl alcohol*

Article history:

Received 21.07.2021
Received in revised form
30.07.2021
Accepted 12.08.2021

Corresponding author:

Y. Shemanska
E-mail:
shemanska@ukr.net

ABSTRACT

In the process of sharing sunflower lecithin to the world markets it is necessary to solve the following main tasks — reducing the content of mechanical impurities, reducing the viscosity and deodorization of lecithin. The task of reducing the intensity of smell and taste is the most difficult among them. Sunflower lecithin is characterized by a more intense aroma and taste than soy with the following sensory components: nut, caramel, sweet, fatty, fruity. The composition of volatile lecithins includes low molecular weight hydrocarbons, aldehydes, ketones, lactones, nitriles, alcohols. The possibility of deodorization of sunflower phosphatide concentrate by its treatment with ethyl alcohol with the subsequent extraction of volatile substances under conditions of reduced pressure is proved in the article. During the time of treatment of unrefined lecithin with a solvent with a ratio of ethanol / water (96:4 or 99.9:0.1) at a solvent content of 40% (relative to lecithin) there is an effect of deodorization of lecithin.

As a result of the processing an alcohol-soluble fraction was received (enriched in phosphatidylcholine) in the amount of 23% and an alcohol-insoluble fraction (with a predominant phosphatidylinositol content) in the amount of 77%. The amount of alcohol-soluble fraction can be reduced up to 13% by using absolute ethyl alcohol. Organoleptic evaluation was performed, physicochemical parameters and group composition of phospholipids of lecithin fractions obtained as a result of treatment with ethyl alcohol were studied. The quality indicators of the alcohol-insoluble fraction meet the requirements of SOU 15.4-37-212:2004 “Phosphatide concentrates. Specifications”. Alcohol-soluble fraction meets the requirements of the regulatory document after degreasing with acetone in one stage at a ratio of fraction: acetone as 1:1.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ДЕЗОДОРУВАННЯ СОНЯШНИКОВОГО ЛЕЦИТИНУ

А. О. Демидова, Ф. Ф. Гладкий

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Є. І. Шеманська

Національний університет харчових технологій

Для повноцінного виходу соняшникового лецитину на світові ринки необхідно вирішити такі основні завдання: зменшення вмісту механічних домішок, зниження в'язкості та дезодорування лецитину. Завдання зменшення інтенсивності запаху та смаку є найбільш складним із них. Соняшниковий лецитин характеризується більш інтенсивним ароматом і смаком порівняно із соєвим з такими сенсорними компонентами: горіховий, карамельний, солодкий, жирний, фруктовий. До складу летких речовин лецитинів входять низькомолекулярні вуглеводні, альдегіди, кетони, лактони, нітрили, спирти.

У статті доведена можливість дезодорування соняшникового фосфатидного концентрату шляхом його обробки етиловим спиртом з подальшим вилученням летких речовин в умовах зниженого тиску. Під час обробки нерафінованого лецитину розчинником зі співвідношенням етанол/вода (96:4 або 99,9:0,1) при кількості розчиннику 40% (щодо лецитину) відбувається ефект дезодорування лецитину.

У результаті обробки отримано спирторозчинну фракцію (збагачену фосфатидилхоліном) в кількості 23% та спиртонерозчинну фракцію (з переважним вмістом фосфатидилінозиту) в кількості 77%. Кількість спирторозчинної фракції може бути зменшена шляхом використання абсолютованого етилового спирту до 13%. Проведено органолептичну оцінку, досліджено фізико-хімічні показники та груповий склад фосфоліпідів фракцій лецитину, одержаних у результаті обробки етиловим спиртом. Показники якості спиртонерозчинної фракції відповідають вимогам СОУ 15.4-37-212:2004 «Концентрати фосфатидні. Технічні умови». Спирторозчинна фракція також відповідає вимогам нормативного документа після знежирення ацетоном в одну стадію при співвідношенні фракція: ацетон як 1:1.

Ключові слова: соняшниковий лецитин, дезодорування, сенсорні характеристики, етиловий спирт.

Постановка проблеми. Фосфоліпіди — це ліпіди, що містять залишок фосфатної кислоти. Вони є найбільш розповсюдженими поверхнево-активними речовинами в клітинах. В організмах людини та тварин фосфоліпіди концентруються у життєво важливих органах, таких як мозок, печінка та нирки. В рослинах їх вміст є найбільшим у насінні (олійному насінні, горіхах і зерні) (Robert, Couëdelo & Michalski, 2020). Фосфоліпіди є складовими клітинних мембран і активними учасниками метаболічних процесів, життєве необхідних для життя (Donnell, Rossjohn & Wakelam, 2018).

Комерційними продуктами фосфоліпідів є лецитини. Хоча лецитин можна отримувати з насіння більшості олійних, з тваринних джерел (ячний жовток, мозок, печінка тварин, з тканин морських організмів), соя забезпечує основну частину наявного на ринку лецитину (Листопад, 2020). Однак через те, що більша частина об'ємів сої відноситься до генетично модифікованих організмів (те ж саме, хоча і в меншій мірі, стосується і лецитинів з кукурудзи та ріпаку) (Official Journal L., 159, 03/06/1998), на ринку «зелених» товарів все більше користується попитом соняшниковий лецитин. Також заміна соєвого лецитину іншими фосфоліпідними продуктами набуває все більшого інтересу через алергенний вплив соєвих бобів, який повинен бути зазначений на упаковці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основна сфера застосування лецитинів — харчова. Емульгування, диспергування, зниження в'язкості шоколаду та кондитерських виробів, контроль кристалізації, солюбілізація, комплексоутворення, антиоксидантні властивості та інші технологічні функції роблять лецитин найважливішим побічним продуктом перероблення рослинних олій (Szuhaaj, Yeo & Shahidi, 2020).

Соняшниковий лецитин за своїми емульсійними характеристиками, впливом на кристалізацію інших жирів (передусім у шоколаді) та іншими основними технологічними характеристиками подібний до соєвого лецитину (Rigolle, 2015; Krüger, 2015). У статті (Böhme, Symmank & Rohm, 2016) доводиться, що використання лецитину соняшнику у виробництві шоколаду може бути успішним підходом для вирішення проблем споживачів щодо інгредієнтів з генетично модифікованих рослин. Розглядається ще один важливий аспект — сенсорний вплив соняшникового лецитину на шоколад порівняно із соєвим лецитином. Споживачі не змогли розрізнити шоколад, приготований при використанні лецитину з різних джерел. Незважаючи на результати цього та інших досліджень, однією з вимог до соняшникового лецитину є відсутність вираженого смаку та аромату.

Фармацевтичні напрями, особливо ті, що стосуються ліпосом, вимагають збільшення кількості рафінованих лецитинів (Szuhaaj, Yeo & Shahidi, 2020). Також очікується підвищений попит на лецитин як дієтичну добавку. До того ж, будучи багатофункціональним харчовим інгредієнтом, лецитин має перевагу широкого визнання у сегменті здорового харчування.

Більшість комерційних лецитинів одержано гідратуванням соєвої екстракційної олії (внаслідок високого вмісту фосфоліпідів в цій сировині — близько 1,8%). При цьому використовують близько 1% води при температурі 70°C. Одержану фосфоліпідну емульсію (вміст води 25—60%) відділяють за допомогою сепараторів (розділення відстоюванням і декантацією, звісно, значно менш дорогий процес через високу вартість сепараторів, але займає більше часу та не призводить до чіткого розділення фаз). До фосфоліпідної емульсії перед сушкою додають відбілювачі та/або розріджувачі. Одержаний після сушки продукт (вміст води менше 1%) називається «нерафінованим» або «натуральним» лецитином із вмістом фосфоліпідів 62—70% та олії 30—35% (Cerminati та ін., 2019).

Для повноцінного виходу соянишникового лецитину на світові ринки необхідно вирішити такі основні завдання — зменшення вмісту механічних домішок, зниження в'язкості та дезодорування лецитину.

Дезодорування лецитину є складним завданням. Промисловий підхід до дезодорування ліпідів заснований на різній гнучкості парів триацилгліцеридів та інших супутніх їм у жирах речовин, загальний вміст яких може досягати 5% — жирних кислот, пігментів, власне летких сполук тощо. Цей процес відбувається при високих температурах — зазвичай від 220 до 260°C, низькому тиску — 3—5 мПа та в присутності розчинника сполук, що відділяються — 3—5% гострої пари (Greyt, 2020). Застосування такого методу неприпустиме для лецитинів, які є термолабільними речовинами, схильні до реакцій меланоїдиноутворення, окиснення тощо. Високотемпературний вплив на лецитини призводить до окиснення жирних кислот, утворення продуктів реакції Маяру, утворення альдегідів тощо. Все це негативно впливає на якісні показники лецитину, призводить до потемніння лецитину, утворення нагару та погіршення запаху — з'являються палений і прогірклий запахи.

Більшість летких сполук лецитинів можна характеризувати як продукти автокатолітичного розкладання ненасичених жирних кислот фосfolіпідів. Ізофорон головним чином відповідає за небажаний аромат знежиреного соєвого лецитину (утворюється, ймовірно, в результаті контакту лецитину з ацетоном). Кілька азотовмісних сполук, наприклад, нітрили, ацетоксим та 4,5-діметілізоксазол, були визначені як унікальні леткі сполуки з фосfolіпідів.

Таблиця 1. Склад летких речовин соєвого знежиреного лецитину (Kim, Ho & Chang, 1984)

Аліфатичні вуглеводні	2,2,4-триметілгептан, 1,1, 2-метіл-2-бутен, 1-пентен, 2,5-діметіл-2,4-гексаксен, 2-октен 1,3-октадієн, 4-октен, лімонен
Ароматичні вуглеводні	Бензол, толуол, 1,4-діметілбензол, 1,3,5-триметілбензол, ізопропілбензол, 1,2,4,5-тетраметілбензол, 1,3-діметіл-5-етілбензол, 1,2-діметіл-4-етілбензол, 1,2-діетілбензол, 1-метіл-4-ізопропілбензол, 8-1,3-діізопропілбензол, 1,4-діметіл-3-ізобутілбензол, інден, 2,3-дигідроінден (індан), 1-метілінден, стирол, метілстирол, нафталін, 1,2-дихлоробензол
Кетони	3-метіл-2-бутанон, 3-метіл-3-бутен-2-он, 2,3-пентандіон, 4-метіл-2-пентанон, 3-пентен-2-он, 4-метіл-3-пентен-2-он, 3-метіл-4-пентен-2-он, 4-метіл-4-пентен-2-он, 2-гексанон, 3-гексанон-5-гексен-2-он, 1-ацетілциклогексен, 3-метіл-2-циклогексен, 3,5,5-триметіл-1-2-циклогексен-1-он (ізофорон), 2-гептанон 3-гептен-2-он, 6-метіл-3,5-гептадієн-2-он, 2,6-діметіл-2,5-гептадієн-4-он, 2-октанон, 3-октанон, 3-октен-2-он, 3,5-октадієн-2-он, 2-нонанон, ацетофенон, тридеканон
Альдегіди	Гексаналь, 2-метіл-2-пентеналь
Спирти	1-пентанол, 1-октен-3-ол
Ефіри	н-Пентілацетат, 3-ацетоксі-1-бутен, 1-ацетоксі-1,3-бутадієн, метілметакрілат
Лактони	Лактон-4-гідроксібутанова кислота, лактон-3-метіл-4-гідроксіпентанова кислота, лактон
Нітрили	н-бутіл нітрил, ізобутіл нітрил, метілбутіл нітрил, 3-гідроксі-4-ціано-1-бутен, н-пентіл нітрил, н-гексил нітрил

Отже, лецитини містять суттєві кількості вуглеводнів і кетонів. Слід зазначити, що серед летких ліпідів альдегіди характеризуються найнижчими порогоми сприйняття (Scortichini та ін., 2020), тому, незважаючи на малу кількість альдегідів, визначених за дослідженням, вони, скоріше за все, помітно впливають на сенсорні характеристики лецитинів.

З огляду на різноманітність летких речовин лецитину необхідно розробити метод, що буде відділяти всі або більшу частину одоруючих речовин від лецитину, при цьому не погіршуючи його якісні показники, тому завдання дослідження полягають у тому, щоб:

- запропонувати розчинник, здатний вилучати одоруючі речовини з лецитину;
- встановити раціональні умови дезодорування соняшникового лецитину;
- дослідити якісні показники дезодорованого лецитину.

Мета дослідження: встановлення умов дезодорування соняшникового лецитину.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження був соняшниковий фосфатидний концентрат (лецитин) такого складу: фосфоліпідів — 57,8%, нейтральних ліпідів — 41,6%, води — 0,55%. Пероксидне число олії, виділеної з фосфатидного концентрату — 4,9, ммоль $\frac{1}{2}$ O/kg, кислотне число — 6,4 мг КОН/г. Фракційний склад фосфоліпідів: фосфатидилхоліну — 15,8%, фосфатидилетаноламіну — 7,5%, фосфатиділінозиту — 13,9%, фосфатидної кислоти — 3,1%.

Процес дезодорування проводили з наважками 30 г фосфатидного концентрату соняшнику з додаванням розчиннику з різним співвідношенням етанол:вода (96:4 та 99,9:0,1). Зразки витримували при постійному перемішуванні (60 об/хв) на водяній бані при 60°C протягом 30 хв, а потім центрифугували при 1000 об/хв, протягом 10 хв. Отримували спиртонерозчинну та спирторозчинну фракції, з яких етанол елімували випаровуванням у вакуумі до вмісту летких <0,5%. Одержані фракції зберігали при 0°C в закритій скляній посудині та проводили їх сенсорний аналіз.

Для проведення органолептичної оцінки соняшникового лецитину була сформована дегустаційна комісія у кількості 10 осіб (5 чоловіків, 5 жінок, віком 23—60 років), добровільно включених до групи. Учасники комісії проходили щонайменше 10 год тренінгу для визначення варіацій сенсорних характеристик лецитинів (соняшникових різних виробників на різних стадіях зберігання та для порівняння соєвих). На основі даних тренінгу була розроблена сенсорна панель, що включала такі аромати/смаки, характерні для лецитинів: горіховий, карамельний, солодкий, жирний, фруктовий. Для визначення інтенсивності аромату користувались 5-бальною шкалою, з варіюванням від 1 — мінімальне значення до 5 — інтенсивність запаху, характерна для свіжого соняшникового стандартного лецитину. Зразки лецитинів поміщали в прозоре скло (чашка Петрі), закрите перед подачею та помічене кодованими цифрами. Зразки розігрівали при температурі 50°C (температура плавлення лецитину) та аналізувались дегустаційною комісією при денному світлі. Зразки були рандомізовані та досліджувались у різні дні.

Методом тонкошарової хроматографії (Арутюнян & Корнена, 1986) досліджено фракційний склад фосфоліпідів у системі хлороформ–оцтова кислота–вода у співвідношенні 70:36:4 на пластинах «Silufol - 254» (Чехія). Визначення фракційного складу проводилось попередньо знежиреного за офіційним методом AOCS Ja 4-46 для лецитину. Для проявлення хроматограм використано металевий йод.

Усі експериментальні дані одержувались двічі. В статті наводяться середні значення. Середнє відхилення не перевищувало 0,1 для довірчого інтервалу 0,95.

Викладення основних результатів дослідження. Особливістю етилового спирту є його висока селективність стосовно речовин, що надають ліпідам смаку і запаху (альдегідів, кетонів, вуглеводнів тощо). При обробці фосфатидного концентрату етиловим спиртом відбувається фракціонування на спиртонерозчинну фракцію (переважно містить фосфатидилхолін) і спирторозчинну фракцію (переважно містить фосфатидилінозитол). Фосфатидилетаноламін міститься в обох фракціях. Оскільки різні фосфоліпіди мають різні властивості, лецитин, зазвичай, фракціонують розчинниками для отримання фракцій з бажаними функціональними можливостями (Xie & Dunford, 2019).

У ході власних досліджень з фракціонування соняшникового лецитину був помічений ефект дезодорування спирторозчинної фракції. Такий результат потребує додаткових досліджень. Соняшниковий фосфатидний концентрат (лецитин) оброблявся 5, 10, 20, 30, 40, 50% етилового спирту (96-відсоткового). Результати зміни сенсорних характеристик спиртонерозчинної фракції наведені у табл. 2. Інтенсивність запаху оцінювалась за шкалою від 1 до 5, де 1 — мінімальне значення, 5 — інтенсивність запаху, характерна для стандартного свіжого соняшникового фосфатидного концентрату.

Таблиця 2. Зміна органолептичних характеристик соняшникового лецитину (спиртонерозчинна фракція)

Кількість етилового спирту щодо фосфатидного концентрату, %	Сенсорна характеристика	Інтенсивність запаху
5	Запах, характерний для соняшникового лецитину	5
10	Інтенсивність запаху зменшилась	4
20	Інтенсивність запаху зменшилась	4
30	Інтенсивність запаху суттєво зменшилась	2
40	Запах соняшникового лецитину неможливо ідентифікувати	1
50	Запах соняшникового лецитину неможливо ідентифікувати	1

Таким чином, при концентрації етилового спирту 40% щодо соняшникового лецитину вдається досягнути ефекту дезодорування останнього. Смак і запах лецитину нейтральні, основні сенсорні характеристики — карамельний, фруктовий (рис. 1). Вилучення одоруючих з лецитину, ймовірно, відбувається шляхом елімінування їх у суміші з етанолом під час одержання сухого лецитину.

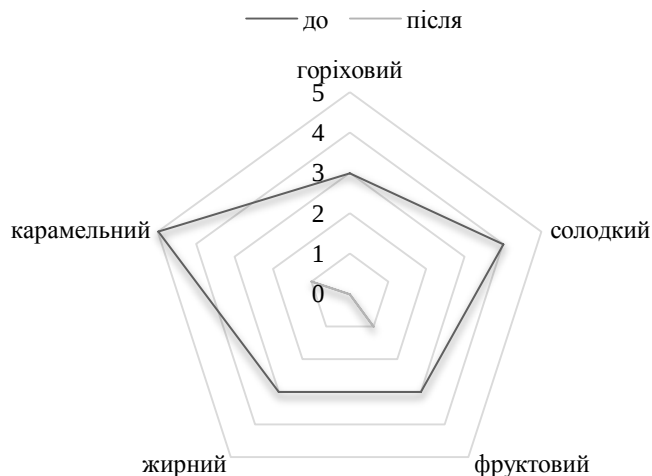


Рис. 1. Профілограма сенсорних характеристик соняшникового лецитину до та після обробки етиловим спиртом

Відповідно, поліпшується смак фосфатидного концентрату, колір — світліший за стандартний лецитин. Якісні характеристики одержаного лецитину наведені у табл. 3. Обробка соняшникового лецитину 96-відсотковим етиловим спиртом в кількості 40% щодо лецитину призведе до утворення спирторозчинної фракції (фосфатидилхолінової) в кількості 23% та спиртонерозчинної (фосфатидилінозитолової) в кількості 77%.

Таблиця 3. Якісні показники фракцій лецитину, одержаних у результаті обробки етиловим спиртом (96-відсотковим)

Назва показника	СОУ 15.4-37-212:2004 «Концентрати фосфатидні. Технічні умови»	Спиртонерозчинна фракція	Спирторозчинна фракція
Масова частка речовин, нерозчинних в ацетоні, %	60	64,2	25,5
Масова частка вологи та летучих речовин, %	1,0	0,38	0,11
Масова частка речовин, нерозчинних в етиловому ефірі, %	1.5	0.30	0.30
Кислотне число олії, виділеної з фосфатидного концентрату, мг КОН/г	10	3,8	5,2
Пероксидне число олії, виділеної з фосфатидного концентрату, ммоль½ О/кг	10	2,5	1,8
Колірне число, мг йоду, (1%-й розчин в гексані)	8	4	6

Спиртонерозчинна фракція відповідає вимогам нормативної документації (НД). Спирторозчинну фракцію необхідно знежирити для підвищення вмісту ацетонерозчинних речовин. Обробку проводили ацетоном при співвідношенні спирторозчинна фракція: ацетон як 1:1. В результаті вміст фосфоліпідів у ній збільшився до 62,8%.

Спирторозчинна фракція після випаровування етилового спирту також суттєво зменшила інтенсивність аромату, однак в меншій мірі порівняно зі спиртонерозчинною. Проте інтенсивність запаху (2 за розробленою шкалою) спирторозчинної фракції не більша, ніж у соєового лецитину. Якісні показники одержаного продукту відповідають вимогам щодо фракціонованих фосфоліпідних продуктів (Mortensen та ін., 2017).

Присутність води в етиловому спирті впливає на розчинення в ньому фосфоліпідів і супутніх сполук. З метою зменшення виходу спирторозчинної фракції соняшникового лецитину оброблявся етиловим спиртом абсолютованим (99,9-відсотковим) в кількостях 5, 10, 20, 30, 40, 50% щодо лецитину. Вплив на сенсорні характеристики лецитину такий же, як і у 96-відсоткового етилового спирту. Ефект дезодорування також спостерігався при 40% абсолютованого етанолу. Вихід спирторозчинної фракції порівняно з використанням етилового спирту 96-відсоткового в тих же умовах значно зменшується — з 23% до 13% відповідно. Отже, з метою зменшення фракціонування лецитину доцільно застосовувати етиловий спирт концентрацією 99,9%. Фракційний склад одержаних фосфоліпідних продуктів (попередньо знежирених) наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Фракційний склад фосфоліпідних продуктів, одержаних після дезодорування соняшникового лецитину етиловим спиртом

Найменування фракції	Склад, %			
	Етиловий спирт-ректифікат		Етиловий спирт абсолютований	
	Спиртоне-розчинна фракція	Спирторозчинна фракція	Спиртоне-розчинна фракція	Спирторозчинна фракція
Фосфатидилхолін	10,5	40,3	12,8	43,6
Фосфатидилінозитол	14,6	9,8	14,0	7,7
Фосфатидилетаноламін	21,8	11,9	22,6	8,3
Фосфатидна кислота	8,9	8,8	8,5	7,1

Спирторозчинна фракція відповідає вимогам щодо фракціонованих лецитинів за вмістом холіну (за вимогами НД — від 39%) та інозитулу (до 3%).

Фракція, збагачена фосфатидилхоліном, характеризується покращеними емульгуючими властивостями щодо емульсій «олія у воді», які необхідні харчовій, фармацевтичній і косметичній промисловості. Такі продукти користуються широким попитом. Фракція, збагачена фосфатидилінозитолом, вважається високоякісним емульгатором для емульсій «вода в олії» (Van Nieuwenhuyzen, 2008).

Висновки

У ході досліджень була доведена можливість дезодорування соняшникового лецитину шляхом розчинення його в етиловому спирті (96% та 99,9%) з подальшим вилученням летких речовин в умовах зниженого тиску.

При обробці соняшникового фосфатидного концентрату етиловим спиртом при кількості останнього $\geq 40\%$ відбувається ефект дезодорування як спирто-нерозчинної, так і спирторозчинної фракцій.

Фракціонування лецитину можна суттєво зменшити — знизити вихід спирторозчинної фракції з 23% до 13% при застосуванні замість етилового спирту 96-відсоткового абсолютного етанолу.

Показники якості спиртонерозчинної фракції відповідають вимогам НД. Спирторозчинна фракція відповідатиме вимогам НД після підвищення вмісту речовин, нерозчинних в ацетоні. Рекомендуємо провести обробку ацетоном в одну стадію при співвідношенні лецитин: ацетон як 1:1.

Література

Robert, C., Couëdelo, L., Vaysse, C., Michalski, M. C. (2020). Vegetable lecithins: a review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention. *Biochimie*, 169, 121—132. doi:10.1016/j.biochi.2019.11.017.

Valerie, B., O'Donnell, Jamie Rossjohn, Michael, J. O., Wakelam (2018). Phospholipid signaling in innate immune cells. *J Clin Invest*, 128(7), 2670—679. doi: 10.1172/JCI97944.

Листопад, В. (2020). Рынок лецитина и фосфатидного концентрата Украины и мира. *Масложировой комплекс*, 2(69), 21—29.

Council Regulation (EC) No 1139/98 of 26 May 1998 concerning the compulsory indication of the labelling of certain foodstuffs produced from genetically modified organisms of particulars other than those provided for in Directive 79/112/EEC. Official Journal L 159, 03/06/1998 P. 0004 — 0007. Взято з <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31998R1139>.

Szuhaj, B. F., Yeo, J., Shahidi, F. (2020). Lecithins. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 1—86. doi:10.1002/047167849x.bio011.pub2.

Rigolle, A., Gheysen, L., Depypere, F., Landuyt, A., Van Den Abeele, K., Foubert, I. (2015). Article Lecithin influences cocoa butter crystallization depending on concentration and matrix. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 117, 1722—1732. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400555>.

Krüger, S., Bürmann, L., Morlock, G. E. (2015). Comparison and characterization of soybean and sunflower lecithins used for chocolate production by high-performance thin-layer chromatography with fluorescence detection and electrospray mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, 63, 2893—2901.

Böhme, B., Symmank, C., Rohm, H. (2016). Physical and sensory properties of chocolate made with lecithin of different origin. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(12), 1839—1845. doi:10.1002/ejlt.201600201.

Cerminati, S., Paoletti, L., Aguirre, A., Peirú, S., Menzella, H. G., Castelli, M. E. (2019). Industrial uses of phospholipases: current state and future applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(6), 2571—2582. doi:10.1007/s00253-019-09658-6.

Greyt, W. (2020). Deodorization. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 1—44. doi:10.1002/047167849x.bio027.pub2.

Kim, H., Ho, C.-T., Chang, S. S. (1984). Isolation and identification of volatile flavor compounds in commercial oil-free soybean lecithin. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61(7), 1235—1238. doi:10.1007/bf02636260.

Scortichini, S., Boarelli, M. C., Castello, M., Chiavarini, F., Gabrielli, S., Marcantoni, E., Fiorini, D. (2020). Development and application of a solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry method for analysing volatile organic compounds produced during cooking. *Journal of Mass Spectrometry*, e4534. doi:10.1002/jms.4534.

Арупоян, Н. С., Корнена, Е. П. (1986). *Фосфолипиды растительных масел: состав, структура, свойства, применение и получение*. М.: Агропромиздат.

Xie, M., Dunford, N. T. (2019). Fractionating of canola lecithin from acid degumming and its effect. *Food Chemistry*. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125217.

Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Domenico, A. D. Frutos, M. J., Galtier, P., Gott, D., Gundert-Remy, U., Lambré, C., Leblanc, J.-C., Lindtner, O., Moldeus, P., Mosesso, P., Oskarsson, A., Parent-Massin, D., Stankovic, I., Waalkens-Berendsen, I., Woutersen, R. A., Wright, M., Younes, M., Brimer, L., Altieri, A., Christodoulidou, A., Lodi, F., Dusemund, B. (2017). Re-evaluation of lecithins (E 322) as a food additive. *EFSA Journal*, 15(4). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4742>.

Van Nieuwenhuyzen, W., Tomás, M. C. (2008). Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(5), 472—486.

**СВІТЛИЙ ПАМ'ЯТІ
ТАЛАНОВИТОГО ВЧЕНОГО
ЛЕОНІДА ДЕМ'ЯНОВИЧА БОБРІВНИКА**



4 вересня 2021 року на 89-му році життя відійшов у вічність Леонід Дем'янович Бобрівник, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, академік Академії інженерних наук України, який 40 років свого життя присвятив Національному університету харчових технологій.

Леонід Дем'янович Бобрівник народився 27 червня 1933 року в сім'ї вчителів в м. Старокостянтинові колишньої Кам'янець-Подільської області.

У 1951 році із золотою медаллю закінчив Полонську середню школу №1, вступив до Київського технологічного інституту харчової промисловості (КТХП) зі спеціальності «Технологія цукристих речовин», який закінчив у 1956 році з відзнакою і одержав кваліфікацію інженера-технолога цукрового виробництва.

З 1956 по 1959 рр. Леонід Дем'янович працював змінним інженером, а потім і головним технологом на Першому кубанському цукровому заводі Краснодарського краю. Завдяки критичному переосмисленню теоретичних положень, викладених у підручниках з технології цукру, та явищ, які виникали в щоденній рутині виробництва, помітив ті ланки в технологічному ланцюгу, де виникали суперечності теорії і практики, які необхідно було дослідити експериментально й обґрунтувати теоретично. Це і стало поштовхом до його подальшої наукової роботи.

У вересні 1959 року Л. Д. Бобрівник вступив до аспірантури по кафедрі технології цукристих речовин КТХП. Він був одним із перших у світі дослідників використання електродіалізу іонітовими мембранами для очищення технологічних продуктів цукрового виробництва. Це дослідження стало

темою його кандидатської дисертації, виконаної під керівництвом проф. І. М. Літвака, яку він захистив у 1963 році. У цій науковій роботі вперше було обґрунтовано технологію й електротехнічні режими електродіалізного очищення напівпродуктів цукрового виробництва. Велика увага була приділена розробці способів одержання фракцій корисних «нецукрів» для підвищення ефективності електродіалізу в цілому.

Під керівництвом Л. Д. Бобрівника аспірантами Р. Ц. Міщуком, А. П. Козявкіним, Н. С. Федоровою, П. П. Загороднім, Н. В. Кулініч виконано комплекс досліджень щодо ефективності застосування електродіалізу, технологічних властивостей електродіалізаторів, розроблення технологічних та електротехнічних режимів електродіалізного очищення соку, масопереносу «нецукрів», деамонізації води.

Після закінчення аспірантури в 1962 році Л. Д. Бобрівник працював асистентом кафедри технології цукристих речовин, згодом доцентом і професором. У 1963—1964 рр. виконував обов'язки заступника декана технологічного факультету.

У 1968—1969 рр. Леонід Дем'янович працював науковим керівником науково-дослідної лабораторії з хімії і технології цукру Центрального університету Республіки Куба. У 1974—1976 рр. він був призначений радником ректора цього ж університету, а також членом методичної ради Міністерства освіти Республіки Куба. Л. Д. Бобрівником у співпраці з кубинськими аспірантами та науковими співробітниками вперше розроблені для виробництва цукру із тростини високоефективні технології очищення соку з використанням відкритої пари. Талановитий учений підготував для цієї країни вісім кандидатів наук.

Оригінальними є роботи, виконані Л. Д. Бобрівником та його учнями, з хімії утворення барвних речовин і розробки методів інгібування цього шкідливого процесу у виробництві цукру.

Л. Д. Бобрівник належить до піонерів учених-цукровиків, які збагнули, що хімічна природа процесу знебарвлення полягає не лише в знебарвленні вже утворених барвних речовин, а також в інгібуванні процесу утворення барвників. Це дало змогу розробити та впровадити нові ефективні методи інгібування.

Глибокі знання з хімії Л. Д. Бобрівник застосував для теоретичного обґрунтування різних аспектів технології цукру, розроблення теорії утворення барвних речовин цукрового виробництва. Він уперше обґрунтував тезу, що класифікація барвних речовин, прийнята у світовій літературі з технології цукрового виробництва, є хибною, оскільки вона заснована на вивченні властивостей синтезованих у лабораторіях барвних речовин, які за своїм складом не відповідають тим, що утворюються в реальному виробництві цукру.

На основі глибокого вивчення гідратації сахарози та пов'язаних з нею технологічних наслідків Л. Д. Бобрівником створено нову теорію мелясотворення, що дало змогу запропонувати новий ефективний метод зменшення втрат цукру з мелясою, та розроблено сім методик з хіміко-технічного контролю цукрового виробництва.

Л. Д. Бобрівник співпрацював з колективом науковців інституту теплофізики Академії наук України, очолюваним професором І. Г. Бажалом, з проблеми використання процесу електрофільтрування для знебарвлення технологічних розчинів рафінадно-цукрового виробництва на основі переробки цукру-сирцю. В результаті були обґрунтовані об'єкти застосування електрофільтрування для знебарвлення технологічних розчинів сахарози та в розробці технології електродифузії.

У 1975 р. Леонід Дем'янович Бобрівник захистив докторську дисертацію на тему: «Дослідження і удосконалення методів очищення напівпродуктів буряко-цукрового виробництва з використанням електродіалізу іонообмінними мембранами».

У 1979 р. він був обраний професором кафедри технології цукристих речовин, а з 1980 р. призначений завідувачем кафедри органічної хімії, яку очолював протягом двадцяти років. Проте й надалі Л. Д. Бобрівник продовжував наукові дослідження в галузі цукрового виробництва. Під його керівництвом виконані роботи з вивчення впливу компонентів сатураційного газу і режимів одержання вапняного молока на якість соків цукробурякового виробництва (Л. М. Верченко), лужно-кислого розкладу моносахаридів у процесах барвоутворення (В. М. Руденко, І. О. Совершенна), розроблення оптимальних технологічних умов цукрового виробництва з урахуванням впливу на них нуклеїнових кислот (Н. В. Ремесло), способів дефекації з використанням кисню повітря (Л. В. Хорунжа), попереднього очищення дифузійного соку з обробленням його парою та вапном (Т. К. Рухадзе), використання електродіалізу в пектиновому виробництві (О. В. Грабовська) тощо.

З 1991 по 1995 рр. працював проректором з наукової роботи університету, згодом став головою спеціалізованої ради з присудження вчених ступенів доктора наук та кандидата наук. У 1991 р. він був обраний академіком Академії інженерних наук України, а в 1997 р. — академіком Міжнародної академії енергоінформаційних наук. Л. Д. Бобрівник був також академіком Нью-Йоркської академії наук.

Основні напрямки його наукової діяльності: іонний обмін, електродіаліз з електрохімічноактивними мембранами, хімія і технологія цукристих речовин. Леонід Дем'янович був засновником наукового напрямку з розроблення і впровадження технології інуліну з топінамбуру (1975). Унікальний хімічний склад бульби топінамбуру послужив переконливим аргументом для розробки цілої гами технологій нових харчових продуктів і напоїв профілактичного та лікувального призначення в Проблемній науково-дослідній лабораторії НУХТ. Під науковим керівництвом професора Л. Д. Бобрівника співпрацювали колективи кафедр технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчових концентратів (професори В. І. Дробот, А. М. Дорохович, В. Ф. Доценко, В. М. Ковбаса), біотехнології продуктів бродіння, екстрактів і напоїв (професори В. О. Домарецький, В. М. Швець, В. О. Марінченко, д.т.н. Л. В. Кисла), технології молока і молочних продуктів (доцент Т. М. Рашевська), мікробіології

харчових виробництв (доценти Т. П. Слюсаренко, В. В. Кравець), екології та охорони навколишнього середовища (професор М. С. Карпович).

У тісній співпраці з ученими університету розроблено ресурсощадні та енергоефективні способи переробки топінамбурної сировини як бульб, так і зеленої маси на етиловий спирт. При цьому Л.Д. Бобрівник обґрунтував і запропонував використання топінамбура як «рослини-екстрагента» радіонуклідів і важких металів із забруднених земель.

За результатами виконаних робіт було розроблено і затверджено нормативно-технічну документацію на промислові партії нових харчових продуктів. Більшість цих розробок захищена авторськими свідоцтвами та патентами України.

Л. Д. Бобрівник очолив дослідження з розроблення технологій інуліну та продуктів харчування профілактично-лікувального призначення. Дослідження просторової будови інуліну, його фізико-хімічних властивостей, фізіологічної активності здійснювалось із залученням класичних фізико-хімічних методів, а потім і методів комп'ютерної хімії (за участю професора А. М. Грехова).

Завдяки виконанню в Проблемній лабораторії НУХТ під керівництвом Л. Д. Бобрівника затвердженої Держхарчопромом України науково-технічної програми «Топінамбур» Україна стала однією з перших країн світу, у якій створена нова галузь харчової промисловості — виробництво інуліну та продуктів харчування профілактично-лікувального призначення.

У результаті двадцятирічної співпраці науковців КТІХП та спеціалістів Інституту ендокринології і обміну речовин Мінздоров'я України (ІЕОР) було встановлено, що саме інулін, який синтезується і накопичується в бульбах топінамбуру, відповідальний за яскраво виражену фізіологічну активність цієї культури.

Результати виконаних науковцями університету під керівництвом професора Л. Д. Бобрівника досліджень і розробок технологій харчових продуктів, добавок профілактично-лікувального призначення, лікувального препарату інуліну опубліковані в понад ста наукових працях, а також одержано понад двадцять авторських свідоцтв і патентів України.

Л. Д. Бобрівник — учений світового рівня в галузі технології цукристих речовин та інулінопродуктів. За весь період наукової діяльності він підготував 36 кандидатів наук і 6 докторів наук (в тому числі 7 кандидатів наук і 1 доктора наук для Республіки Куба). За його участі написано 14 монографій та підручників, 5 брошур, видано 445 наукових праць та отримано 64 авторських свідоцтва на винаходи та патенти, брав участь у роботі 31 міжнародної конференції, симпозіуму, семінару.

Леоніду Дем'яновичу були притаманні прекрасні людські якості: скромність, принциповість, велика працездатність, інтелігентність, доброзичливе ставлення до співробітників і молоді, постійне прагнення до пізнання та самовдосконалення. Л. Д. Бобрівник належав до того невеликого відсотка обдарованих учених, які здатні постійно генерувати наукові ідеї. Він щедро ділився знаннями, підтримував мудrimi порадами, був справжнім Учителем для цілого

покоління науковців, залишив відбиток на життєвому шляху тих, кому пощастило з ним спілкуватися.

Л. Д. Бобрівник належав до плеяди вчених нашого університету, які своєю самовідданою працею з організації та керівництва науковими школами і трудовими колективами, відповідальним ставленням до службових обов'язків та вагомих громадських доручень формували і забезпечували високий авторитет нашого навчального закладу як провідного з підготовки висококваліфікованих інженерних кадрів та визнаного наукового центру в галузі харчових технологій.

У наших серцях назавжди залишиться світла пам'ять про талановитого науковця, досвідченого педагога, професіонала своєї справи, чудову людину — Леоніда Дем'яновича Бобрівника.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць (<http://sw.nuft.edu.ua>).

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В. І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути видана лише одна стаття автора (як власна, так і в співавторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді 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.
 4. Анотація англійською та українською мовами (не менше 1800 символів з пробілами). Анотація має бути максимально інформативною, це окремий текстовий документ, у якому лаконічно викладені результати дослідження. У тексті анотації не варто використовувати загальні фрази, вказувати несуттєві деталі й загальновідомі положення. Також слід уникати прямих повторів будь-яких фрагментів статті.
 5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
 6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті;
 - викладення основних результатів дослідження;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
 7. Після тексту статті в алфавітному порядку наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел). **Бібліографічні описи оформляються згідно з міжнародним стилем APA.** 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. Не можна посилатись на національні стандарти, технічні умови, підручники, конспекти лекцій, лабораторні практикуми та іншу ненаукову літературу. Посилання на патенти слід робити в тексті статті, вказавши лише номер та назву патенту.
- У статті мають бути проаналізовані напрацювання вчених з усього світу. На основі аналізу сучасних статей з англійських журналів має бути доведена актуальність теми у світі, визначені питання, які потребують вирішення, сформульована мета дослідження.

8. Таблиці (у Word або Excel) можна подавати як у тексті, так і в окремих файлах (на окремих сторінках). Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Слово «Таблиця» і номер друкуються курсивом, заголовок — напівжирним шрифтом. Таблиці повинні мати книжковий формат і вільно вміщатися у висоту і ширину журнальної сторінки.

9. Ілюстрації (креслення, рисунки, схеми, діаграми) мають бути розміщені в тексті. **Обов'язковою вимогою** є надсилання оригінальних файлів рисунків, створених у програмах-редакторах Corel Draw X6, Origin. Всі елементи рисунка (типи, товщина і колір ліній, шрифт текстів тощо) мають вільно редагуватися у наявному програмному забезпеченні). Рисунки в растрових форматах (bmp, gif, jpeg, tif) або у форматі pdf не приймаються до розгляду, оскільки не можуть вільно редагуватися. **Вимоги до оформлення рисунків:** вісь координат — 0,2 мм, без сітки, сам рисунок (наприклад, крива) — 0,35 мм, текст в рисунку — Times New Roman 9,5, ширина рисунка — до 13 см. Всі рисунки мають бути чорно-білими. Підписи до рисунків набираються безпосередньо під рисунками прямим напівжирним шрифтом.

Фотографії мають бути чіткими та контрастними (формати TIF, JPG з роздільною здатністю 300 dpi), розмірами 6×9. Фотографії друкуються в разі крайньої потреби, якщо наведена на них інформація має значну наукову цінність. Авторам краще завантажити фотографії у хмарний сервіс і в списку літератури дати на них посилання.

10. Математичні формули повинні бути роздруковані з правильним виділенням верхніх і нижніх індексів. Нумерація формул здійснюється арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки. Індекси від скорочених українських слів друкуються прямим шрифтом малими літерами. В індексах, що складаються з двох скорочених слів, після першого скороченого слова ставиться крапка, після другого — крапка не ставиться. Цифри в індексах також друкуються прямим шрифтом. Індекси, позначені латинськими літерами, друкуються курсивом. У формулах літери латинського алфавіту набираються курсивом, грецького й українського — прямим шрифтом.

Хімічні формули набираються прямим шрифтом. Математичні символи, що входять до складу хімічних формул, — курсивом.

Формули вставляються безпосередньо в текст. Прості формули набираються з клавіатури, а складні — за допомогою редактора формул Microsoft Equation 3.0 object або Math Type 5,6. Інші версії редакторів формул є неприйнятними. Символи вставляються тільки через таблицю символів. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

11. Відомості про авторів статті повинні бути наведені за єдиним зразком у вказаному порядку: прізвище (прописними літерами), ім'я та ім'я по батькові (повністю); наукове звання; посада чи професія, місце роботи; телефон, E-mail.

12. Дата надходження статті до редакції (після тексту надрукованого матеріалу).

Використання автоматичного перекладу наукового тексту (статті, анотації, ключових слів) **не допускається**. Переклад має бути належної якості.

Відсутність будь-якого з пунктів переліку, зазначеного вище, рецензії, невідповідність вимогам до оформлення, наявність орфографічних, граматичних, стилістичних помилок, автоматичний переклад елементів матеріалу є підставою **для відмови** в прийнятті статті до друку.

Автор несе відповідальність за додержання вимог чинного законодавства при підготовці матеріалів, у тому числі норм авторського права і достовірність наведених фактичних даних (цитат, посилань, імен, назв тощо).

Адреса редакції:

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

Контактні телефони: міський — (044) 287-92-95, внутрішній — 92-95.

E-mail: npnuht@ukr.net

SUBMISSION GUIDELINES

Dear colleagues,

The editorial board of the Journal “Scientific works of the National University of Food Technologies” invites you to the publication of your manuscripts (<http://sw.nuft.edu.ua>).

Only the manuscripts that have not previously been published in print and electronic media are accepted. The author who submits materials for publication reserves the copyright and provides the right of first publication to the Journal, allows to distribute the manuscript indicating the authorship and the primary source of publication and agrees to placing the electronic version of the manuscript on the website of the V. I. Vernadsky National Library of Ukraine, publicly available electronic network of the University. The author gives the right to the editorial board to review and reject the material submitted for publication. The author can publish one manuscript (of his/her single authorship or co-authored) per every issue of the Journal.

The author should submit to the editorial board the following documents:

- Electronic version of the manuscript;
- A review of the manuscript by a doctorate of the corresponding branch of science. If one of the authors is a doctorate him/herself, then a review is not necessary;
- Printed version of the manuscript;
- A statement signed by the author(s) that the manuscript has not been published and is not submitted for publication;
- Extract from the minutes of the department / unit of the organization confirming that the manuscript is recommended for publication.

REQUIREMENTS FOR MANUSCRIPTS

The printed version of the manuscript should be submitted on A4 paper (margins of 2 cm, Time New Roman, type size 14, spacing 1.5) and the electronic version should be submitted in a Microsoft Word document. There should be no blank lines in the manuscript. No extra spaces are allowed between the words. All pages of the manuscript should be numbered. The size of the manuscript should be from 12,000 to 24,000 characters (as an exception, up to 40,000 characters).

SEQUENCE OF STRUCTURAL ELEMENTS OF THE MANUSCRIPT

1. UDC index.
2. The title of the manuscript (in English, Ukrainian).
3. Full names of the authors in English, Ukrainian (not more than four authors).
4. An abstract in English, Ukrainian (not less than 1800 characters with spaces). The abstract should be highly informative, it is a separate text document in which the results of the research must be summarized. General phrases, insignificant details and well-known provisions shouldn't be written in the abstract. Direct repetitions of any parts of the article should be also avoided.
5. A list of keywords (5—6 words or key phrases in English, Ukrainian).
6. The structure of the text:
 - Problem definition and its relationship with important practical tasks;
 - Analysis of recent studies and publications related to subject matter of the manuscript;
 - Problem statement (statement of purpose of the manuscript);
 - Presentation of the main material;
 - Conclusions and recommendations for further research.
7. A list of references (not less than 5) of their quotation should be presented after the text of the manuscript. **Bibliographic descriptions should be made according to international style APA.** Bibliographic descriptions should be submitted in the language of their edition. Links to unpublished materials are not allowed. The list of references should contain links only to recent and relevant studies. National standards, specifications, textbooks, lecture notes, laboratory workshops and other non-scientific literature must not be referenced. References to patents should be made in the text of the article, indicating only the number and title of the patent. In the list of references, the sources should be presented in alphabetical order.

The investigations of scientists from all over the world should be analyzed in the article. Based on the analysis of modern articles from English-language journals, the relevance of the topic in the world

should be proved, the issues which need to be solved should be identified, and the purpose of the research should be formulated.

8. Tables (in Word and Excel) can be submitted both in the text of the manuscript and in separate files (on separate pages). Each table should have a title, typed in bold, and its serial number if there are several tables. The word “Table” and number are printed in italics; the title is printed in bold. Tables should be in book format and fit freely in the height and width of the journal page.

9. Figures, images and tables should be performed in Corel Draw, Origin on white paper and placed both in the text and in separate files. Captions should be typed in bold directly under the figures. Images must be clear and contrasting (TIF, JPG with a resolution of 300 dpi); the size 6×9. Photos are printed in case of extreme necessity, if they provide information of the significant scientific value.

10. Mathematical formulas should be typed with the correct placing of upper and lower indices. The formulas should be numbered by Arabic numerals in parentheses at the right margin of the page. The indices of Ukrainian abbreviated words should be typed in bold and in lower case. The first word of an index, consisting of two abbreviated words, should be followed by a dot, and the second word has no dot. The numbers in the indexes are typed in upright font. Indexes should be typed in Latin letters and in italics. In formulas, the letters of Latin alphabet are typed in italics; Greek and Ukrainian letters are in upright font.

Chemical formulas should be typed in upright font. Mathematical symbols that make up the chemical formulas should be typed in italics.

Formulas should be put directly into the text. Simple formulas are typed from the keyboard, and complex — using the Microsoft Equation 3.0 object or MathType 5.6. Other equation editors are unacceptable. The characters are inserted only through the symbol table. The contraction of physical units must comply with the rules of the International System of Units (SI).

11. Information about the authors should be given as follows: second name (in uppercase letters), first name and patronymic (in full); academic title; position or profession, place of work; phone number, E-mail.

12. The date when the manuscript was received by the editorial board.

The use of **automatic translation** for any part of your text (manuscript, abstract, keywords) **is not allowed**. Translation must be of good quality.

The absence of any item listed above; absence of abstracts; non-compliance to the design requirements; spelling, grammatical, stylistic errors; automatic translation of any part of the manuscript are the grounds **for refusal** to accept the manuscript for publication.

The author is fully responsible for compliance with current legislation, including the rules of copyright and the consistency of data (quotations, references, names, etc.).

Editorial office address:

National University of Food Technologies
Volodymyrska str., 68,
building B, room 412
01601 Kyiv, Ukraine
E-mail: npnuht@ukr.net