



2021

НАУКОВІ ПРАЦІ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 27 № 2

*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 # 9 from 29th of April, 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 № 9 від 29 квітня 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 Тенєва

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

Володимир Іванов

Volodymyr Ivanov

д-р біол. наук, проф., Україна

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

Галина Колісник Nalyna Kolisnyk	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., Uzhhorod National University, Ukraine
Галина Поліщук Nalyna 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 Арсенєва 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'янюк 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 Lityunchuk	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

Біотехнології

Скροцька О. І., Потопенко В. В., Красінко В. О. Отримання практично цінних сполук з використанням рекомбінантних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Частина 2: синтез органічних кислот, білків, ферментів та інших сполук

Пирог Т. П., Зварич А. О. Післяврожайна обробка фруктів і овочів для подовження терміну їх зберігання

Економіка, менеджмент і маркетинг

Кундєєва Г. О. Застосування матричного методу в управлінні: мікроекономічний рівень
Скопенко Н. С., Євсєєва-Северина І. В. Комп'ютеризація економічних розрахунків в управлінні

Драган О. І. Wellbeing-технології — новий напрямок у розвитку менеджменту персоналу компаній харчової галузі

Рибачук-Ярова Т. В., Тюха І. В., Дунда С. П. Управління ефективністю операційної діяльності підприємств-виробників ігристих вин в умовах зростання імпорту

Страшинська Л. В., Шеремет О. О. Удосконалення нормативно-правової бази м'ясопереробних підприємств як чинник управління якістю продукції

Механічна та електрична інженерія

Штепа В. М., Козирь О. В., Алексєєвський Д. Г., Заєць Н. А., Роговик А. В. Комбінування озонування, ультрафіолетового опромінення та внесення перекису водню в процесах водоочистки

Харченко Є. І., Чорний В. М. Порівняння методів визначення еквівалентного діаметра сипких матеріалів

Шевченко О. Ю., Соколенко А. І., Максименко І. Ф., Васильківський К. В. Фазові переходи

Харчові технології

Дорохович В. В., Долюк М. Ю., Лукаш К. Р. Визначення можливості та доцільності застосування мальтитоли і борошна амаранту в технології цукрового печива

Пасічний В. М., Гащук О. І., Москалюк О. Є., Гуралевич А. Я. Удосконалення технології ковбасних виробів з використанням білково-жирової емульсії на основі курячого жиру

Холобцева І. П., Серік М. Л., Самохвалова О. В. Вплив добавки білково-мінеральної на властивості клейковини борошна пшеничного
Сімахіна Г. О. Отримання концентратів біофлавоноїдів із лікарської сировини

CONTENTS

Biotechnologies

7 *Skrotska O., Potapenko V., Krasinko V.* Obtaining practically valuable compounds using recombinant yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Part 2: synthesis of organic acids, proteins, enzymes and other compounds

21 *Pirog T., Zvarych A.* Post-harvest treatment of fruits and vegetables to extend their shelf life

Economy, Management and Marketing

34 *Kundieieva G.* Application of matrix method in management: microeconomic level

46 *Skopenko N., Yevsieieva-Severyna I.* Computerization of economic calculations in management

55 *Dragan O.* Wellbeing-technologies — new direction in the development of personnel management of the companies of food industry

65 *Rybachuk-Iarova T., Tiukha I., Dunda S.* Management of efficiency of operational activity of enterprises-producers of sparkling wines in the conditions of growth of imports

74 *Strashynska L., Sheremet O.* Improvement of the regulatory legal basis of meat processing enterprises as a factor of product quality management

Mechanical and Electrical Engineering

83 *Shtepa V., Kozyr A., Alekseevskiy D., Zaiets N., Rohovyk A.* Combination of ozonization, ultraviolet radiation and hydrogen peroxide introduction in water treatment processes

91 *Kharchenko Y., Chorniy V.* Comparison of methods for determining the equivalent diameter of bulk materials

100 *Shevchenko O., Sokolenko A., Maksymenko I., Vasykivsky K.* Phase transitions

Food Technologies

111 *Dorohovych V., Doliuk M., Lukash K.* The possibility and feasibility to use maltitol and amaranth flour in sugar cookies technology

121 *Pasichnyi V., Haschuk O., Moskalyuk O., Huraleyevych A.* Improvement of sausage products technology using protein-fat emulsion based on chicken fat

129 *Kholobtseva I., Serik M., Samohvalova O.* Effect of protein-mineral additive on the properties of wheat flour gluten

140 *Simakhina G.* Obtaining biophlavonoid concentrates from medicinal raw materials

- Попова Н. В., Мисюра Т. Г., Ляпкало В. С.* 148 *Popova N., Mysiura T., Liapkalo V.* Development of the component composition of apple-cherry juice with evaluation of quality and safety indicators
- Розроблення компонентного складу яблучно-вишневого соку з оцінкою показників якості і безпечності*
- Ковра Ю. В., Станкевич Г. М., Єгорова А. В.* 162 *Kovra Yu., Stankevich G., Yegorova A.* Influence of the extremely low-frequency electromagnetic treatment on microbiological indices of wheat grain
- Вплив вкрай низькочастотної електромагнітної обробки на мікробіологічні показники зерна пшениці*
- Белінська К. О., Фалендиш Н. О.* 170 *Belinska K., Falendysh N.* Increasing the nutritional value of products for infants according to the requirements of nutritiology
- Підвищення харчової цінності продуктів для дитячого харчування з дотриманням вимог нутриціології*
- Шевченко А. О.* 181 *Shevchenko A.* Influence of artichoke powder on microbiological and biochemical processes in the dough in the process of manufacturing bakery products
- Вплив порошку топінамбуру на мікробіологічні та біохімічні процеси в тісті при виготовленні хлібобулочних виробів*
- Корольчук І. М., Юценко Н. М., Кочубей-Литвиненко О. В., Кузьмик У. Г.* 187 *Korolchuk I., Yushchenko N., Kochubey-Litvinenko O., Kuzmyk U.* Study of the influence of spices on the degree of use of protein in the technology of soft cheese from goat's milk
- Вивчення впливу прянощів на ступінь використання білка в технології м'яких сирів з козиного молока*
- Дзюба Н. А., Олійник М. І., Тележенко Л. М., Колесніченко С. Л.* 197 *Dzyuba N., Oliinyk M., Telezhenko L., Kolesnichenko S.* Influence of biomodification on change of morphological structure of collagen-containing fish raw materials
- Вплив біомодифікації на зміну морфологічної структури колагеновмісної рибної сировини*

**OBTAINING PRACTICALLY VALUABLE COMPOUNDS
USING RECOMBINANT YEAST *SACCHAROMYCES
CEREVISIAE*. PART 2: SYNTHESIS OF ORGANIC ACIDS,
PROTEINS, ENZYMES AND OTHER COMPOUNDS**

O. Skrotska, V. Potapenko, V. Krasinko
National University of Food Technologies

Key words:

Saccharomyces cerevisiae
Recombinant yeasts
Organic acids
Proteins
Enzymes

Article history:

Received 02.03.2021
Received in revised form
16.03.2021
Accepted 30.03.2021

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The yeast *Saccharomyces cerevisiae* is traditionally widely used in industry, and is also a popular subject of scientific research, particularly in the fields of molecular biology and genetics. Recently, the prospects for the use of these microorganisms have significantly expanded in connection with the creation of recombinant *S. cerevisiae* strains — producers of biologically active substances. The choice of these yeasts as recipients is defined by the fact that they are well-studied, non-pathogenic and, due to the peculiarities of the secretion system, are very convenient for the expression of heterologous proteins and other biologically active compounds, which makes it possible to design recombinant strains that secrete products of foreign gene translation into the culture medium. Therefore, the purpose of this review is to continue the analysis of modern scientific sources to assess the current state and prospects for the practical use of recombinant yeast strains *S. cerevisiae* for obtaining practically valuable metabolites.

Most of the works using genetically modified *S. cerevisiae* strains focus on the problems of achieving oversynthesis of heterologous proteins. The review analyzes the latest achievements in the direction of modification and improvement of *S. cerevisiae* yeast strains — producers of enzymes, in particular, cellobiose dehydrogenase, dextranase, wax synthase, lipase, and laccase enzymatic complexes, which find wide application in various fields of human activity, along with other proteins, most of which are used for pharmaceutical purposes.

Significant advances in the use of recombinant *Saccharomyces* for the preparation of biologically active compounds are explained by the relative ease of their cultivation on standard inexpensive media. The review presents data on the use of recombinant *S. cerevisiae* strains for the production of organic acids (succinic, fumaric, 3-hydroxypropionic, D- and L-lactic, n-coumaric, itaconic, muconic), carotenoids, and numerous other practically valuable compounds.

ОТРИМАННЯ ПРАКТИЧНО ЦІННИХ СПОЛУК З ВИКОРИСТАННЯМ РЕКОМБІНАНТНИХ ДРІЖДЖІВ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*. ЧАСТИНА 2: СИНТЕЗ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОТ, БІЛКІВ, ФЕРМЕНТІВ ТА ІНШИХ СПОЛУК

О. І. Скроцька, В. В. Потапенко, В. О. Красінько

Національний університет харчових технологій

Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* традиційно широко використовуються в промисловості, а також є популярним об'єктом наукових досліджень, зокрема в галузі молекулярної біології та генетики. Останнім часом перспективи застосування цих мікроорганізмів значно розширилися у зв'язку зі створенням рекомбінантних штамів *S. cerevisiae* — продуцентів біологічно активних речовин. Вибір зазначених дріжджів як реципієнтів обумовлений тим, що вони добре вивчені, непатогенні і, завдяки особливостям системи секреції, дуже зручні для експресії гетерологічних протеїнів та інших біологічно активних сполук, що дає змогу конструювати рекомбінантні штами, які виділяють продукти трансляції чужорідних генів у культуральну рідину.

У дослідженнях генетично змінених штамів *S. cerevisiae* акцентується увага на проблемах досягнення надсинтезу гетерологічних білків. В огляді проаналізовано останні досягнення в напрямку модифікації й удосконалення штамів дріжджів *S. cerevisiae* — продуцентів ферментів, зокрема целобіозодегідрогенази, декстранази, віск-синтази, ліпазного та лаказного ферментативних комплексів, які знаходять все ширше застосування у найрізноманітніших галузях людської діяльності, а також й інших білків, велика частина яких має фармацевтичне призначення.

Значні успіхи у використанні рекомбінантних дріжджів-сахароміцетів для одержання біологічно активних сполук пояснюються відносною простотою їх культивування на стандартних недорогих середовищах. В огляді наведено дані щодо використання рекомбінантних штамів *S. cerevisiae* для одержання органічних кислот (буриштинової, фумарової, 3-гідрогіпропіонової, D- та L-молочної, п-кумарової, ітаконової, муконової), каротиноїдів та ряду інших практично цінних сполук.

Ключові слова: *Saccharomyces cerevisiae*, рекомбінантні дріжджі, органічні кислоти, білки, ферменти.

Постановка проблеми. Дріжджі тисячоліттями використовуються для отримання продуктів харчування, але з розвитком методів генної інженерії промислові значення цих мікроорганізмів вийшло за рамки їх традиційного застосування.

Хлібопекарські дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* є одними з найбільш повно охарактеризованих одноклітинних організмів. Саме їх найчастіше і використовують як еукаріотичну платформу для отримання рекомбінантних сполук. Адже,

на відміну від традиційної прокаріотичної системи експресії гетерологічних білків на основі *Escherichia coli*, клітини *S. cerevisiae* не синтезують пірогенів чи ендотоксинів, вони стійкі до низьких значень рН та високого осмотичного тиску, а також мають систему посттрансляційної модифікації білків (Lian, Mishra & Zhao, 2018).

У нашому попередньому огляді був зроблений аналіз наукової літератури останніх років щодо отримання етанолу, бутанолу та ізобутанолу з використанням генетично модифікованих клітин *S. cerevisiae* (Потапенко & Скроцька, 2020).

Метою ж цієї статті є огляд іноземних публікацій, що стосуються можливостей використання рекомбінантних дріжджів *S. cerevisiae* для отримання органічних кислот, ферментів, фармацевтичних білків, каротиноїдів та інших промислово важливих сполук.

Викладення основних результатів дослідження. *Органічні кислоти.* Їх широко використовують у різних галузях промисловості: в хімічній як сировину для органічного синтезу; у харчовій як консерванти, стабілізатори, антиоксиданти та ароматизатори; у фармацевтичній для синтезу лікарських препаратів; у косметичній для отримання ароматичних речовин. Нині органічні кислоти одержують за допомогою хімічного, ферментативного і мікробного синтезу. Продуктентами органічних кислот, одержаних методами біотехнології, є міцеліальні гриби, бактерії і дріжджі. Серед останніх досить перспективними є сахароміцети (табл. 1), оскільки вони стійкі до дії інгібіторів і витримують низькі значення рН.

Таблиця 1. Біосинтез органічних кислот генетично модифікованими дріжджами Saccharomyces cerevisiae

Штам	Умови біосинтезу	Концентрація кислоти, г/л	Джерело
1	2	3	4
Бурштинова кислота			
AH22ura3Dsdh2Dsdh1Dsdh1Didp1	t = 30°C, 168 год, 150 об/хв, рН = 4	3,62	Raab A. M., Gebhardt G., Bolotina N., Weuster-Botz D., Lang C., 2010
PMCFfg	t = 30°C, 120 год, 200 об/хв, рН = 3,8	13	Yan D. та ін., 2014
Фумарова кислота			
FMME-002Δ FUM1 + ↑ RoPYC	t = 30°C, 96 год, 200 об/хв, рН = 5	1,67	Xu G. та ін., 2012
FMME-001 ↑ PYC2 + ↑ RoMDH	t = 30°C, 24 год, 200 об/хв, рН = 5,5	3,18	Xu G., Liu L., Chen J., 2012
FMME004-6	t = 30°C, 96 год, 200 об/хв, рН = 5,5	5,64	Xu G., Chen X., Liu L., Jiang L., 2013
3-гідроксипропіонова кислота			
HPY11	t = 30°C, 72 год, 180 об/хв	0,463	Chen Y., Bao J., Kim I. K., Siewers V., Nielsen J., 2014
ST687	t = 30°C, 100 год, 250 об/хв, рН = 5	9,8	Kildegaard K. R. та ін., 2016
SCE-R2-200	t = 30°C, 80 год, 250 об/хв, рН = 5	13,7	Borodina I. та ін., 2015

1	2	3	4
D-молочна кислота			
YPH499 / dPdA3-34 / DLDH / 1-18	t = 30°C, 22 год, 150 об/хв, pH = 7	60,3	Yamada R., Wakita K., Mitsui R., Ogino H., 2017
JHY5730	t = 30°C, 55 год, 170 об/хв, pH = 3,5	82,6	Baek S. H. та ін., 2017
JHY5330	t = 30°C, 51 год, 170 об/хв	112	Baek S. H., Kwon E. Y., Kim Y. H., Hahn J. S., 2016
L-молочна кислота			
SP7	t = 30°C, 30 год, 80 об/хв, pH = 3,5	117	Lee J. Y., Kang C. D., Lee S. H., Park Y. K., Cho K. M., 2015
п-кумарова кислота			
ARO1-ARO2 ST4067	t = 30°C, 72 год, 250 об/хв	2	Rodriguez A., Kildegaard K. R., Li M., Borodina I., Nielsen J., 2015
Ітаконова кислота			
Δade3 Δbna2 Δtes1	t = 30°C, 72 год	0,168	Blazeck J. та ін., 2014
Муконова кислота			
MuA12	t = 30°C, 48 год, 225 об/хв	0,141	Curran K. A., Leavitt J. M., Karim A. S., Alper H. S., 2013

Бурштинова кислота використовується в харчовій промисловості, а також як прекурсор для синтезу полієфірів, смол, барвників і фармацевтичних препаратів. Завданням метаболічної інженерії *S. cerevisiae* для ефективного синтезу бурштинової кислоти є блокування шляху утворення спирту, а також розробка швидких і ефективних метаболічних шляхів, які зв'язують гліколіз із циклом трикарбонних кислот (Franco-Duarte та ін., 2017).

Фумарову кислоту використовують у реакціях полімеризації та етерифікації; у медицині — при лікуванні псоріазу; у тваринництві — як добавку до корму великої рогатої худоби, що призводить до зменшення викидів метану. При конструюванні *S. cerevisiae*, здатних до продукції фумарової кислоти, використовують дві метаболічні стратегії: прямий та зворотній цикл трикарбонних кислот. Китайськими вченими сконструйовано штам дріжджів, в клітини якого було введено гени, що кодують сукцинат-фумаратний транспортер і піруваткарбоксілазу. Це призвело до збільшення синтезу фумарової кислоти на 46% (Xu та ін., 2012).

За допомогою 3-гідроксипропіонової кислоти отримують акрилову та малонову кислоти, 1,3-пропандіол, біодеградабельні полієфіри та інші практично цінні сполуки. Біосинтез 3-гідроксипропіонової кислоти може відбуватись через такі проміжні продукти як гліцерин, лактат, малоніл-КоА або β-аланін. Так, створено штам *S. cerevisiae* SCE-R2-200, в клітини якого введено ген β-аланін-піруват-амінотрансферази *Bacillus cereus*. Показано, що клітини штаму SCE-R2-200 здатні до синтезу 3-гідроксипропіонової кислоти при низьких значеннях pH (3,5), що знижує ймовірність бактеріального інфікування в процесі біосинтезу, а також

зменшує загальні витрати на процес культивування, оскільки відпадає необхідність у стадії нейтралізації (Vorodina та ін., 2015).

Ітаконова кислота використовується для виробництва полімерів, зокрема поліітаконової кислоти, а також таких хімічних сполук, як стирен, 2-метил-1,4-бутандіол та 3-метететрагідрофуран. Blazeck зі співавтор. для конструювання дріжджового продуцента ітаконової кислоти застосували такі підходи: видалення генів цитоплазматичної C1-тетрагідрофолат синтази, триптофан 2,3-диоксигенази, пероксисомальної ацил-КоА тіоестерази; введення гену декарбоксилази цисаконітової кислоти *Aspergillus terreus*; культивування за високої густини клітин (Blazeck та ін., 2014).

L-молочна кислота є мономером полімолочної кислоти, яку використовують для отримання біопластику. Немодифіковані *S. cerevisiae* не здатні до продукції L-молочної кислоти, але, через їх стійкість до дії кислот, проводяться спроби генетичної модифікації цих клітин з метою отримання ефективних продуцентів (Lee, Kang, Lee, Park & Cho, 2015). D-молочну кислоту також використовують для отримання полімолочної кислоти. При цьому обидва вказані оптичні ізомери необхідні для отримання біодеградабельної полімолочної кислоти з покращеними характеристиками (Baek, Kwon, Kim & Hahn, 2016).

Ферменти. Клітини *S. cerevisiae* модифікують з метою отримання практично цінних ферментів (табл. 2). Так, целобіозодегідрогенази (E.C. 1.1.99.18) володіють специфічністю до β -1,4-зв'язаних дисахаридів, що дає змогу використовувати їх у біосенсорах, біоремедіації або у біокаталізі. Для створення рекомбінантних сахароміцетів Blazic зі співавт. виділили ген целобіозодегідрогенази (*cdh*) із *Phanerochaete chrysosporium* та вперше показали можливість його успішної гетерологічної експресії у клітинах *S. cerevisiae* InvSC1. Автори сконструювали та описали різні рекомбінантні штами сахароміцетів. При цьому найактивнішими виявились три штами — M65S, S137 N и M685V (Blazic та ін., 2019).

Таблиця 2. Ферменти, що синтезуються рекомбінантними сахароміцетами

Фермент	Штам <i>S. cerevisiae</i>	Активність*, од/мл	Молекулярна маса, кДа	Джерело
Целобіозодегідрогеназа	S137 N	0,04	120—150	Blazic M. та ін., 2019
Ліпаза	FDS101	14	38	Darvishi F., 2012
Декстраназа	XD03	58,45	63	Liu J. та ін., 2020
Лаказа III	TYEGLAC3-1	1,17	д. н. н.	Jeong Y. S. та ін., 2019
	BY2777	0,045	70—120	Imura Y., Sonoki T., Habe H., 2018
Лаказа Gr2	4A9	0,6	д. н. н.	Kwiatos N. та ін., 2020
Віск-синтаза	H1246	д. н. н.	57	Shalini T., Martin A., 2020
Кутиназа	ScTEF1	29,7	29	Zhang J. та ін., 2017

Примітка: * — активність у супернатанті; д.н.н. — дані не наведені.

Ліпази (Е.С. 3.1.1.3) знайшли застосування у харчовій, легкій та косметичній промисловості, медицині, сільському господарстві. Їх використовують у процесі виробництва біодизелю, для гідролізу натуральних олій і жирів. Ліпази залишаються активним при низьких температурах (4°C) і рН 3-4. Дріжджі *S. cerevisiae* не продукують позаклітинні ліпази і не здатні споживати ліпідні субстрати. Тому ген ліпази (*Lip2*) *Yarrowia lipolytica* був введений у клітини сахароміцетів. При цьому отримано рекомбінантний штам *S. cerevisiae* FDS101, клітини якого можна культивувати на таких субстратах, як оливкова олія та інших ліпидовмісних джерелах вуглецю (Darvishi, 2012).

Декстраназу (Е.С. 3.2.1.11) широко використовують у харчовій промисловості під час виробництва цукру. Цей процес, зазвичай, вимагає високих температур, тому існує потреба в термостабільних ферментах. Створено штам *S. cerevisiae* XD03, в клітини якого введено ген α -декстранази *Chaetomium gracile*. Показано, що рекомбінантна декстраназа є стабільною у діапазоні рН від 4 до 6 та температурі до 60°C (Liu та ін., 2020).

Лакази (Е.С. 1.10.3.2) використовують кисень як кінцевий акцептор електронів і каталізують відновлення кисню до води, що супроводжується окисненням ряду ароматичних сполук, таких як дифеноли, монофеноли й ароматичні аміни. Ці ферменти використовують у процесах делігніфікації, для очищення стічних вод, у харчовій біотехнології, для біоремедіації забрудненими токсичними речовинами об'єктів довкілля, а також у ферментних біосенсорах. Мікроорганізми можуть продукувати кілька типів лаказ, серед яких лаказа III типу синтезується у великих кількостях (Preethi та ін., 2020).

Рекомбінантні клітини *S. cerevisiae* TUEGLAC3-1 містять ген лакази *lac3*, що був виділений із міцеліальних грибів *Cryphonectria parasitica*. При цьому гетерологічна експресія цього ферменту негативно впливала на синтез біомаси дріжджів, відповідно і його активність була низькою. Здійснивши оптимізацію параметрів культивування ($t = 25^\circ\text{C}$, перемішування — 100 об/хв, рН = 3,5), вдалося збільшити активність лакази і культуральної рідини у 56 разів (Jeong та ін., 2019).

У клітини штаму *S. cerevisiae* BY2777 був введений ген лакази *cvl3* *Trametes versicolor*. При цьому спостерігався синтез високоглікозильованої рекомбінантної лакази з нижчою спорідненістю до субстрату, ніж у нативної. Такі властивості рекомбінантного ферменту, як термостабільність і оптимум дії рН, залишились без змін. Щодо молекулярної маси, то для рекомбінантної лакази вона варіювала від 70 до 120 кДа, тоді як для нативної — 66 кДа (Iimura, Sonoki & Habe, 2018).

Нещодавно був сконструйований штам *S. cerevisiae* 4A9, який продукує лаказу Gr2 *Fusarium oxysporum*. Для збільшення експресії та активності рекомбінантного ферменту автори застосували методи білкової інженерії та молекулярного моделювання. В результаті був відібраний штам генно-модифікованих сахароміцетів, що характеризувався збільшеною у 10 разів каталітичною активністю лакази (Kwiatos та ін., 2020).

Віск-синтази (Е.С. 2.3.1.75) є ферментами для біосинтезу воскових ефірів, які використовують для отримання мастильних матеріалів. Також ці ферменти застосовують для виготовлення харчових покриттів і при виробництві косметики та у фармацевтиці. Shalini зі співавтор. сконструювали рекомбінантний штам

S. cerevisiae H1246, що містить ген віск-синтази соняшника (*Helianthus annuus*). Це перше повідомлення, автори якого здійснили ідентифікацію та виділили ген віск-синтази соняшника (*HaWS*), а також показали його успішну гетерологічну експресію у клітинах дріжджів (Shalini & Martin, 2020).

Кутинази (Е.С. 3.1.1.74) здатні здійснювати гідроліз різних ефірів. Їх використовують у харчовій, хімічній і фармацевтичній промисловості. Нині ведуться дослідження щодо створення рекомбінантних продуцентів, що містять ген кутинази *tfu* термофільних актинобактерій *Thermobifida fusca*. Зокрема, сконструйований штам *S. cerevisiae* ScTEF1, клітини якого синтезують термостабільну кутиназу, що має оптимум дії при температурі 60°C і рН=8,0 (Zhang та ін., 2017).

Фармацевтичні білки складають одну з найбільших груп біосполук, що відіграють важливу роль у лікуванні багатьох захворювань. Для отримання рекомбінантних фармацевтичних білків використовують різні системи експресії: бактерії, дріжджі та перещеплювані клітини еукаріотів. При цьому саме дріжджі відповідають таким вимогам: швидкий ріст на простих поживних середовищах, детально вивчений геном і доступність генетичних маніпуляцій, наявність післятрансляційних модифікацій білкових молекул (Thak, Yo, Moon & Kang, 2020).

Гірудин є активним антикоагулянтом і запобігає згортанню крові шляхом пригнічення дії ферменту тромбіну, а також впливає і на інші фактори згортання крові. Обмежена доступність природного гірудину, який отримують з екстракту п'явок, призвела до розвитку технологій рекомбінантного гірудину (Zhang & Lan, 2018), який можна отримати з використанням дріжджів *S. cerevisiae* (табл. 3).

Таблиця 3. Синтез рекомбінантних білків Saccharomyces cerevisiae

Штам	Концентрація, мг/л	Умови біосинтезу	Джерело
1	2	3	4
Гірудин			
2805/MdHIR	19	t = 30°C, 28 год, 200 об/хв, рН = 5,5	Kim M. D, Rhee S.K, Seo J. H., 2001
2805/MdHIRd	36	t = 30°C, 22 год, 600 об/хв, рН = 5,5	Kim M. D., Han K. C., Kang H. A., Rhee S. K., Seo J. H, 2003
2805/MδHIR gal1	62	t = 30°C, 50 год, рН = 5,5	Kim M. D., Lee T. H., Lim H. K., Seo J. H., 2004
K _{1a}	390	t = 30°C, 65 год, рН = 5,4	Kim C. H., Rao K. J., Youn D. J., Rhee S. K., 2003
Δgal1	400	t = 30°C, 50 год, рН = 5,4	Ramisetti S., Kang H. A., Rhee S. K., Kim C. H., 2003
Глутатіон			
MET16	44	t = 30°C, 24 год, 150 об/хв	Hara K. Y., Kiriyaama K., Inagaki A., Nakayama H., Kondo A., 2012
GC1Δ GLR ₁ /ERV ₁ ^{S32A}	106	t = 30°C, 72 год, 150 об/хв	Kobayashi J., Sasaki D., Hara K. Y., Hasunuma T., Kondo A. 2017

1	2	3	4
MG	122	t = 30°C, 48 год, 200 об/хв	Prima A. та ін., 2017
GCI (XR/XDH/XK)	200	t = 30°C, 120 год, 150 об/хв, рН = 4,4	Kobayashi J., Sasaki D., Bamba T., Hasunuma T., Kondo A., 2019
W303-1b/FGP	273	t = 30°C, 24 год, 250 об/хв	Tang L. та ін., 2015
Антитромбін III			
BY4741	312	t = 30°C, 84 год, 250 об/хв, рН = 7	Mallu M. R., Vemula S., Ronda S. R., 2016
Ексенатид			
Y2805	18	t = 30°C, 48 год	Jung S. J. та ін., 2019

Глутатіон бере участь в імунній регуляції, детоксикації, а також проявляє антиоксидантні властивості. Цей білок використовується у харчовій, фармацевтичній і косметичній галузях промисловості. При конструюванні рекомбінантних *S. cerevisiae*, здатних до продукції глутатіону, використовують такі три шляхи внутрішньоклітинного синтезу: дві послідовні реакції з γ -глутамілцистеїнсинтетазою та глутатіонсинтетазою; реакції з біфункціональним ферментом GshF (γ -глутамілцистеїнсинтетаза / глутатіонсинтетаза); конденсацію γ -глутамілфосфату та цистеїну з утворенням γ -глутамілцистеїну. Слід наголосити, що на сьогодні конструйовано штам *S. cerevisiae* W303-1b/FGP, у якому функціонують усі три шляхи біосинтезу глутатіону, що призвело до підвищеної продукції цієї сполуки (Tang та ін., 2015).

Антитромбін III використовують для лікування тромботичних ускладнень, профілактики утворення тромбів під час проведення хірургічних операцій, а також призначають вагітним, які мають дефіцит цього білка. Антитромбін отримують з донорської крові. При його використанні існує ризик зараження патогенами, що можуть бути в крові донорів. Тому ведуться дослідження щодо можливого отримання рекомбінантного антитромбіну (Mallu, Vemula & Ronda, 2016).

Ексенатид є засобом для лікування діабету II типу. Його вводять підшкірно двічі на добу. Тому завданням генної інженерії є зменшення частоти ін'єкцій хворим за рахунок створення рекомбінантного ексенатиду більш тривалої дії зі збільшеним періодом напіввиведення. Jung зі співавтор. створили рекомбінантний штам *S. cerevisiae*, який продукує ексенатид з покращеними властивостями. Так, період напіврозпаду рекомбінантного білка збільшився майже у 4 рази при збереженні 72% активності секреції інсуліну (Jung та ін., 2019).

Каротиноїди — це ліпофільні сполуки терпеноїдів, яких на сьогодні ідентифіковано понад 750 видів. Каротиноїди проявляють протипухлинну, антимікробну та антиоксидантну активність. Вони позитивно впливають на імунну систему, репродуктивну функцію, метаболізм ліпідів; також досліджують можливість їх використання для профілактики та лікування таких захворювань, як ожиріння, діабет, гіпертензія, атеросклероз, рак, серцево-судинних захворювань. Каротиноїди використовують у фармацевтичній, косметичній, харчовій галузях промисловості та кормовиробництві (Vargas-Sinisterra & Ramirez-Castrillon, 2020). В останні роки ведуться дослідження з конструювання рекомбінантних дріжджів *S. cerevisiae*, що продукують такі каротиноїди, як астаксантин, лікопін і β -каротин (табл. 4).

Таблиця 4. Каротиноїди генетично модифікованих сахароміцетів

Каротиноїди	Штам <i>S. cerevisiae</i>	Тривалість культивування, год	Концентрація, мг/л	Вихід, мг/г сухої маси клітин	Джерело
Астаксантин	YastD-03	80	47,18	8,1	Zhou P. та ін., 2017
	SyBE_Sc118060	168	81,0	4,5	Wang R. та ін., 2017
β-каротин	βcar1.2	80	750	6,9	Lopez J. та ін., 2019
	SR8B	90	772,8	20	Sun L., Atkinson C. A., Lee Y. G., Jin Y. S., 2020
Лікопін	BL03-Z-3	120	1480	33,1	Su B., Song D., Yang F., Zhu H., 2020
Віолаксантин	+YB/2 tr59-HIZEP	32	50,0	7,6	Cataldo V. F. та ін., 2020

Інші сполуки. Модифіковані дріжджі *S. cerevisiae* (табл. 5) використовуються для виробництва різних біохімічних і біопаливних продуктів, промислових ароматизаторів, оскільки вони є стійкими до дії різних інгібіторів. На сьогодні 1,2,4-бутантріол, 2,3-бутандіол, β-іонон та ін. отримують за допомогою хімічного синтезу. З огляду на те, що такий спосіб забруднює навколишнє середовище, альтернативою йому є мікробний синтез.

Таблиця 5. *Saccharomyces cerevisiae* як продуценти рекомбінантних сполук

Штам	Джерело вуглецю	Сполука	Концентрація, г/л	Тривалість культивування, год	Джерело
BDδD-2tkdcA-ΔBOL2-tTYW1	Гідролізат рисової соломи	1,2,4-бутантріол	1,1	96	Bamba T. та ін., 2019
BD5X-TXmNP	Ксилоза, глюкоза	2,3-бутандіол	96,8	168	Kim S. J. та ін., 2017
YG01_SDBN	Гідролізат маніюки		132	69	Lee Y. G., Seo J. H., 2019
Y2805GS	Бульби топінамбура	Ангідрид дифруктози III	77,5	36	Ko H., Bae J. H., Kim M. J., Sung B. H., Sohn J. H., 2019
2805Δgal80Δ suc2	Сахароза	Леван	76	24	Ko H. та ін., 2019
β-іонo5.3	Глюкоза	β-іонон	0,033	72	Lopez J. та ін., 2020

У результаті використання 1,2,4-бутантріолу отримують пропеленти та вибухові речовини, а також фармацевтичні субстанції та інші сполуки. Вперше рекомбінантний штам *S. cerevisiae*, здатний до продукції 1,2,4-бутантріолу, був сконструйований Vamba зі співавтор. у 2019 році. При цьому як джерело вуглецю під час культивування використовували гідролізат лігноцелюлозної сировини (Vamba та ін., 2019).

У виробництві пом'якшувальних агентів, пластифікаторів, полієфірів, лікарських засобів та косметики використовують 2,3-бутандіол. Також ця сполука є вихідною сировиною для хімічного синтезу 2-бутанону (ефективної присадки до рідкого палива) і 1,3-бутадієну, що використовується для виробництва синтетичного каучуку. Нещодавно сконструйовано рекомбінантний штам *S. cerevisiae* YG01_SDBN, що містить гени α -ацетолактатсинтази (*alsS*) та α -ацетолактатдекарбоксілази (*alsD*) *Bacillus subtilis*, а також ген бутандіолдегідрогенази *BDH1*, що здійснює перетворення ацетону у 2,3-бутандіол. Слід відзначити, що вказаний штам дріжджів здатний використовувати лігноцелюлозну сировину як єдине джерело вуглецю (Lee & Seo, 2019).

Ангідриди дифруктози III (DFA III) — циклічні димери фруктози, які використовуються як низькокалорійні підсолоджувачі. В організмі людини DFA III сприяють засвоєнню мінералів, виявляють пребіотичні властивості та імуномодулюючу дію. Оскільки інулін-фруктозотрансфераза каталізує перетворення інуліну на DFA III, то ген *AalFT*, що кодує синтез даного ферменту, з *Arthrobacter aureescens* був введений у клітини *S. cerevisiae*. При цьому при культивуванні рекомбінантних дріжджів на середовищі, що містило 200 г екстракту топінамбуру (120 г інуліну) вдалось отримати DFA III з виходом 64,6%, а активність інулін-фруктозотрансферази у культуральній рідині склала 161 Од/мл (Ko, Bae, Kim, Sung & Sohn, 2019).

Леван є природним гомополімером фруктози. Його використовують у харчовій і косметичній промисловості, а також медицині. Він проявляє ранозагоювальні, протизапальні, протипухлинні й антиоксидантні властивості, а також стимулює проліферацію імуніцитів. Крім того, леван можна використовувати як засіб для цільової доставки ліків. Під час біотехнологічного отримання левану використовують бактерії, які синтезують позаклітинну левансахаразу, що здійснює біоконверсію сахарози у леван. На сьогодні є лише кілька повідомлень про можливість синтезу левансахарази у рекомбінантних дріжджах. Так, корейськими науковцями було створено штам *S. cerevisiae*, в який інтегровано ген левансахарази *RaLsrA* із *Rahnella aquatilis*. Слід зазначити, що при культивуванні рекомбінантних сахароміцетів вихід левану в результаті конверсії сахарози склав 80% (Ko та ін., 2019).

Маючи приємний фіалковий аромат, β -іонон використовується як ароматизатор у парфумерній, косметичній і харчовій галузях промисловості. Його промислове виробництво реалізують за допомогою хімічного синтезу, проте на сьогодні уже є розробки саме технологій мікробного синтезу β -іонону. Так, використовуючи популярну на сьогодні технологію редагування геномів CRISPR/Cas9, був створений штам сахароміцетів, у процесі культивування якого вдалось отримати 33 мг/л β -іонону. Це є найбільшим показником біосинтезу цієї сполуки в рекомбінантних клітинах *S. cerevisiae* (Lopez та ін., 2020).

Висновки

Враховуючи всебічну ґрунтовну вивченість клітин *S. cerevisiae* на клітинному та молекулярному рівні, їх досить широко використовують як еукаріотичну систему експресії рекомбінантних сполук. На сьогодні сконструйовані штами сахароміцетів, що синтезують різні органічні кислоти — бурштинову, фумарову, ітаконову, гідроксипропіонову, молочну тощо. Також ведуться дослідження зі створення штамів *S. cerevisiae*, які можуть продукувати такі промислово важливі ферменти, як ліпазу, декстраназу, кутиназу, лаказу тощо. Враховуючи постійно зростаючий попит на фармацевтичні білки та здатність дріжджів до їх посттрансляційної модифікації, сконструйовані штами *S. cerevisiae*, які синтезують гірудин, глутатіон, антитромбін, ексенатид. Біологічні властивості каротиноїдів, а саме їх антимікробна, антиоксидантна та протипухлинна активність, дають змогу використовувати їх у медичній, фармацевтичній і харчовій галузях промисловості. Одним із способів отримання каротиноїдів є їх мікробний синтез. Зокрема, за останні кілька років створені *S. cerevisiae*, що синтезують різні види даних сполук. Також генетично модифіковані дріжджі можна використовувати для отримання таких промислово важливих сполук, як 2,3-бутандіол, леван, ангірид дифруктози тощо.

Література

- Потапенко В. В., Скроцька О. І. (2020). Отримання практично цінних сполук з використанням рекомбінантних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Частина 1: синтез етанолу, бутанолу та ізобутанолу. *Наукові праці НУХТ*, 26(5), 41—52. doi: 10.24263/2225-2924-2020-26-5-7.
- Baek S. H., Kwon E. Y., Bae S. J., Cho B. R., Kim S. Y., Hahn J. S. (2017). Improvement of D-lactic acid production in *Saccharomyces cerevisiae* under acidic conditions by evolutionary and rational metabolic engineering. *Biotechnology Journal*, 12(10), 1700015. doi: 10.1002/biot.201700015.
- Baek S. H., Kwon E. Y., Kim Y. H., Hahn J. S. (2016). Metabolic engineering and adaptive evolution for efficient production of D-lactic acid in *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(6), 2737—2748. doi: 10.1007/s00253-015-7174-0.
- Bamba T., Yukawa T., Guirimand G., Inokuma K., Sasaki K., Hasunuma T., Kondo A. (2019). Production of 1, 2, 4-butanetriol from xylose by *Saccharomyces cerevisiae* through Fe metabolic engineering. *Metabolic Engineering*, 56, 17—27. doi: 10.1016/j.ymben.2019.08.012.
- Blazcek J., Miller J., Pan A., Gengler J., Holden C., Jamoussi M., Alper H. S. (2014). Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for itaconic acid production. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(19), 8155—8164. doi: 10.1007/s00253-014-5895-0.
- Blazic M., Balaz A. M., Tadic V., Draganic B., Ostafe R., Fischer R., Prodanovic R. (2019). Protein engineering of cellobiose dehydrogenase from *Phanerochaete chrysosporium* in yeast *Saccharomyces cerevisiae* InvSc1 for increased activity and stability. *Biochemical Engineering Journal*, 146, 179—185. doi: 10.1016/j.bej.2019.03.025.
- Borodina I., Kildegaard K. R., Jensen N. B., Blicher T. H., Maury J., Sherstyk S., Oberg F. (2015). Establishing a synthetic pathway for high-level production of 3-hydroxypropionic acid in *Saccharomyces cerevisiae* via β -alanine. *Metabolic Engineering*, 27, 57-64. doi: 10.1016/j.ymben.2014.10.003.
- Cataldo V. F., Arenas N., Salgado V., Camilo C., Ibanez F., Agosin E. (2020). Heterologous production of the epoxycarotenoid violaxanthin in *Saccharomyces cerevisiae*. *Metabolic Engineering*, 59, 53—63. doi: 10.1016/j.ymben.2020.01.006.

Chen Y., Bao J., Kim I. K., Siewers V., Nielsen J. (2014). Coupled incremental precursor and co-factor supply improves 3-hydroxypropionic acid production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Metabolic Engineering*, 22, 104—109. doi: 10.1016/j.ymben.2014.01.005.

Curran K. A., Leavitt J. M., Karim A. S., Alper H. S. (2013). Metabolic engineering of muconic acid production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Metabolic Engineering*, 15, 55—66. doi: 10.1016/j.ymben.2012.10.003.

Darvishi F. (2012). Expression of native and mutant extracellular lipases from *Yarrowia lipolytica* in *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial Biotechnology*, 5(5), 634—641. doi: 10.1111/j.1751-7915.2012.00354.x.

Franco-Duarte R., Bessa D., Goncalves F., Martins R., Silva-Ferreira A. C., Schuller D. Sampaio P., Pais C. (2017). Genomic and transcriptomic analysis of *Saccharomyces cerevisiae* isolates with focus in succinic acid production. *FEMS Yeast Research*, 17(6). doi: 10.1093/femsyr/fox057.

Hara K. Y., Kiriya K., Inagaki A., Nakayama H., Kondo A. (2012). Improvement of glutathione production by metabolic engineering the sulfate assimilation pathway of *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 94(5), 1313—1319. doi: 10.1007/s00253-011-3841-y.

Iimura Y., Sonoki T., Habe H. (2018) Heterologous expression of *Trametes versicolor* laccase in *Saccharomyces cerevisiae*. *Protein Expression and Purification*, 141, 39-43. doi: 10.1016/j.pep.2017.09.004.

Jeong Y. S., So K. K., Lee J. H., Kim J. M., Chun G. T., Chun J., Kim D. H. (2019). Optimization of growth medium and fermentation conditions for the production of laccase 3 from *Cryphonectria parasitica* using recombinant *Saccharomyces cerevisiae*. *Mycobiology*, 47(4), 512—520. doi: 10.1080/12298093.2019.1661566.

Jung S. J., Nguyen N. T. T., Lee S. A., Seo S. H., Choi E. S., Lee H. W., Seong G. H., Bae O. N., Lee E. K. (2019). In-vivo half-life and hypoglycemic bioactivity of a fusion protein of exenatide and elastin-based polypeptide from recombinant *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Biotechnology*, 303, 16-24. doi: 10.1016/j.jbiotec.2019.06.304.

Kildegard K. R., Jensen N. B., Schneider K., Czarnotta E., Ozdemir E., Klein T., Kim I. K. (2016). Engineering and systems-level analysis of *Saccharomyces cerevisiae* for production of 3-hydroxypropionic acid via malonyl-CoA reductase-dependent pathway. *Microbial Cell Factories*, 15(1), 53. doi: 10.1186/s12934-016-0451-5.

Kim C. H., Rao K. J., Youn D. J., Rhee S. K. (2003). Scale-up of recombinant hirudin production from *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 8(5), 303—305. doi: 10.1007/BF02949222.

Kim M. D., Han K. C., Kang H. A., Rhee S. K., Seo J. H. (2003). Coexpression of BiP increased antithrombotic hirudin production in recombinant *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Biotechnology*, 101(1), 81—87. doi: 10.1016/S0168-1656(02)00288-2.

Kim M. D., Lee T. H., Lim H. K., Seo J. H. (2004). Production of antithrombotic hirudin in GAL1-disrupted *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 65(3), 259—262. doi: 10.1007/s00253-004-1598-2.

Kim M. D., Rhee S. K., Seo J. H. (2001). Enhanced production of anticoagulant hirudin in recombinant *Saccharomyces cerevisiae* by chromosomal δ -integration. *Journal of Biotechnology*, 85(1), 41—48. doi: 10.1016/S0168-1656(00)00376-X.

Kim S. J., Sim H. J., Kim J. W., Lee Y. G., Park Y. C., Seo J. H. (2017). Enhanced production of 2, 3-butanediol from xylose by combinatorial engineering of xylose metabolic pathway and cofactor regeneration in pyruvate decarboxylase-deficient *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresour. Technology*, 245, 1551—1557. doi: 10.1016/j.biortech.2017.06.034.

Ko H., Bae J. H., Kim M. J., Sung B. H., Sohn J. H. (2019). Microbial production of difructose anhydride III from *Jerusalem artichoke* tuber powder by recombinant yeast *Saccharomyces cerevisiae* and *Kluyveromyces marxianus*. *Industrial Crops and Products*, 135, 99—106. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.04.026.

- Ko H., Bae J. H., Sung B. H., Kim M. J., Kim C. H., Oh B. R., Sohn J. H. (2019). Efficient production of levan using a recombinant yeast *Saccharomyces cerevisiae* hypersecreting a bacterial levansucrase. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 46(11), 1611—1620. doi: 10.1007/s10295-019-02206-1.
- Kobayashi J., Sasaki D., Bamba T., Hasunuma T., Kondo A. (2019). Sustainable production of glutathione from lignocellulose-derived sugars using engineered *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(3), 1243—1254. doi: 10.1007/s00253-018-9493-4.
- Kobayashi J., Sasaki D., Hara K. Y., Hasunuma T., Kondo A. (2017). Enzymatic improvement of mitochondrial thiol oxidase *Erv1* for oxidized glutathione fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial Cell Factories*, 16(1), 44. doi: 10.1186/s12934-017-0658-0.
- Kwiatos N., Jedrzejczak-Krzepkowska M., Krzeminska A., Delavari A., Paneth P., Bielecki S. (2020). Evolved *Fusarium oxysporum* laccase expressed in *Saccharomyces cerevisiae*. *Scientific Reports*, 10(1), 1—11. doi: 10.1038/s41598-020-60204-1.
- Lee J. Y., Kang C. D., Lee S. H., Park Y. K., Cho K. M. (2015). Engineering cellular redox balance in *Saccharomyces cerevisiae* for improved production of L-lactic acid. *Biotechnology and Bioengineering*, 112(4), 751—758. doi: 10.1002/bit.25488.
- Lee Y. G., Seo J. H. (2019). Production of 2, 3-butanediol from glucose and cassava hydrolysates by metabolically engineered industrial polyploid *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology for Biofuels*, 12(1), 204. doi: 10.1186/s13068-019-1545-1.
- Lian J., Mishra S., Zhao H. (2018). Recent advances in metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*: new tools and their applications. *Metabolic Engineering*, 50, 85—108. doi: 10.1016/j.ymben.2018.04.011.
- Liu J., Sun Q., Yin H., Wang L., Wei H., Li K., Hang F. (2020). Optimal fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* expressing a dextranase from *Chaetomium gracile*. *Sugar Tech*, 22(1), 171—178. doi: 10.1007/s12355-019-00746-5.
- Lopez J., Bustos D., Camilo C., Arenas N., Saa P. A., Agosin E. (2020). Engineering *Saccharomyces cerevisiae* for the overproduction of β -ionone and its precursor β -carotene. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8. doi: 10.3389/fbioe.2020.578793.
- Lopez J., Cataldo V. F., Pena M., Saitua F., Ibaceta M., Saa P. A., Agosin E. (2019). Build your bioprocess on a solid strain- β -carotene production in recombinant *Saccharomyces cerevisiae*. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, 171. doi: 10.3389/fbioe.2019.00171.
- Mallu M. R., Vemula S., Ronda S. R. (2016). Production, purification and characterization of recombinant human antithrombin III by *Saccharomyces cerevisiae*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 19(4), 81—89. doi: 10.1016/j.ejbt.2016.06.002.
- Preethi P. S., Gomathi A., Srinivasan R., Pavan Kumar J. G. S., Murugesan K., Muthukailannan G. K. (2020). Laccase: recombinant expression, engineering and its promising applications. *Microbial Enzymes: Roles and Applications in Industries*, 63—85. doi: 10.1007/978-981-15-1710-5_3.
- Prima A., Hara K. Y., Djohan A. C., Kashiwagi N., Kahar P., Ishii J., Nakayama H., Okazaki F., Prasetya B., Kondo A., Yopi, Ogino C. (2017). Glutathione production from mannan-based bioresource by mannanase/mannosidase expressing *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresource Technology*, 245, 1400—1406. doi: 10.1016/j.biortech.2017.05.190.
- Raab A. M., Gebhardt G., Bolotina N., Weuster-Botz D., Lang C. (2010). Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for the biotechnological production of succinic acid. *Metabolic Engineering*, 12(6), 518—525. doi: 10.1016/j.ymben.2010.08.005.
- Ramisetti S., Kang H. A., Rhee S. K., Kim C. H. (2003). Production of recombinant hirudin in galactokinase-deficient *Saccharomyces cerevisiae* by fed-batch fermentation with continuous glucose feeding. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 8(3), 183. doi: 10.1007/BF02935894.
- Rodriguez A., Kildegaard K. R., Li M., Borodina I., Nielsen J. (2015). Establishment of a yeast platform strain for production of p-coumaric acid through metabolic engineering of aromatic amino acid biosynthesis. *Metabolic Engineering*, 31, 181—188. doi: 10.1016/j.ymben.2015.08.003.

Shalini T., Martin A. (2020). Identification, isolation, and heterologous expression of sunflower wax synthase for the synthesis of tailored wax esters. *Journal of Food Biochemistry*, 44(10), e13433. doi: 10.1111/jfbc.13433.

Su B., Song D., Yang F., Zhu H. (2020). Engineering a growth-phase-dependent biosynthetic pathway for carotenoid production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* doi: 10.1007/s10295-020-02271-x.

Sun L., Atkinson C. A., Lee Y. G., Jin Y. S. (2020). High-level β -carotene production from xylose by engineered *Saccharomyces cerevisiae* without overexpression of a truncated HMG1 (tHMG1). *Biotechnology and Bioengineering*, 117(11), 3522—3532. doi: 10.1002/bit.27508.

Tang L., Wang W., Zhou W., Cheng K., Yang Y., Liu M., Cheng K., Wang W. (2015). Three-pathway combination for glutathione biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial Cell Factories*, 14(1), 139. doi: 10.1186/s12934-015-0327-0.

Thak E. J., Yoo S. J., Moon H. Y., Kang H. A. (2020). Yeast synthetic biology for designed cell factories producing secretory recombinant proteins. *FEMS Yeast Research*, 20(2), foaa009. doi: 10.1093/femsyr/foaa009.

Vargas-Sinisterra A. F., Ramirez-Castrillon M. (2020). Yeast carotenoids: production and activity as antimicrobial biomolecule. *Archives of Microbiology*, 1—16. doi: 10.1007/s00203-020-02111-7.

Wang R., Gu X., Yao M., Pan C., Liu H., Xiao W., Yuan Y. (2017). Engineering of β -carotene hydroxylase and ketolase for astaxanthin overproduction in *Saccharomyces cerevisiae*. *Frontiers of Chemical Science and Engineering*, 11(1), 89—99. doi: 10.1007/s11705-017-1628-0.

Xu G., Chen X., Liu L., Jiang L. (2013). Fumaric acid production in *Saccharomyces cerevisiae* by simultaneous use of oxidative and reductive routes. *Bioresource Technology*, 148, 91—96. doi: 10.1016/j.biortech.2013.08.115.

Xu G., Liu L., Chen J. (2012). Reconstruction of cytosolic fumaric acid biosynthetic pathways in *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial Cell Factories*, 11(1), 24. doi: 10.1186/1475-2859-11-24.

Xu G., Zou W., Chen X., Xu N., Liu L., Chen J. (2012). Fumaric acid production in *Saccharomyces cerevisiae* by *in silico* aided metabolic engineering. *PLOS ONE*, 7(12). doi: 10.1371/journal.pone.0052086.

Yamada R., Wakita K., Mitsui R., Ogino H. (2017). Enhanced D-lactic acid production by recombinant *Saccharomyces cerevisiae* following optimization of the global metabolic pathway. *Biotechnology and Bioengineering*, 114(9), 2075—2084. doi: 10.1002/bit.26330.

Yan D., Wang C., Zhou J., Liu Y., Yang M., Xing J. (2014). Construction of reductive pathway in *Saccharomyces cerevisiae* for effective succinic acid fermentation at low pH value. *Bioresource Technology*, 156, 232—239. doi: 10.1016/j.biortech.2014.01.053.

Zhang J., Cai Y., Du G., Chen J., Wang M., Kang Z. (2017). Evaluation and application of constitutive promoters for cutinase production by *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Microbiology*, 55(7), 538—544. doi: 10.1007/s12275-017-6514-4.

Zhang J., Lan N. (2018). Hirudin variants production by genetic engineered microbial factory. *Biotechnology & Genetic Engineering Reviews*, 34(2), 261-280. doi: 10.1080/02648725.2018.1506898.

Zhou P., Xie W., Li A., Wang F., Yao Z., Bian Q., Zhu Y., Yu H., Ye L. (2017). Alleviation of metabolic bottleneck by combinatorial engineering enhanced astaxanthin synthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme and Microbial Technology*, 100, 28-36. doi: 10.1016/j.enzmictec.2017.02.006.

POST-HARVEST TREATMENT OF FRUIT AND VEGETABLES TO EXTEND THEIR SHELF LIFE

T. Pirog, A. Zvarych

National University of Food Technologies

Key words:

*Physical
Chemical and biological
methods
Essential oils
Chitosan
Antagonist
microorganisms
Microbial surfactants*

ABSTRACT

Nowadays such biological methods of post-harvest processing of fruit and vegetables as the use of essential oils, natural polysaccharide chitosan, methyl jasmonate, microbial antagonists and surfactants of microbial origin are being actively investigated. Among the microbial surfactants for use in the food industry, rhamnolipids are permitted.

As microbial antagonists, bacteria of the genus *Bacillus* are most often used, since they belong to bacteria associated with plants that can stimulate their growth either directly, or indirectly due to the synthesis of a wide range of biologically active compounds. Currently, more than ten commercial preparations are known (Biosave, Avogreen, Serenade, Pantovital, Aspire, Boni Protect, etc.) based on bacterial and yeast antagonists.

The use of combined biological methods, in particular, surfactants with microbial antagonists, chitosan with essential oils and methyl jasmonate, is promising for processing fruit and vegetables in order to extend their shelf life.

The paper presents the results of authors' own research on the processing of vegetables and fruit with of *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 surfactants, which resulted in a decrease in the number of bacteria and fungi on their surface in 6—20 and 8—50 times, respectively, compared to the amount on the surface of the fruit washed with water. Surfactants synthesized by *N. vaccinii* IMV B-7405, *R. erythropolis* IMV Ac-5017 and *A. calcoaceticus* IMV B-7241 have the following advantages over those described in the literature: they exhibit high antimicrobial activity at significantly lower concentrations (0.01—0.5 g/l) and in the form of a supernatant, which makes it possible to exclude the expensive stage of isolation and purification of the final product from the technological process. In addition, surfactant-containing supernatants are highly efficient when reused.

Article history:

Received 12.03.2021
Received in revised form
26.03.2021
Accepted 08.04.2021

Corresponding author:

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

ПІСЛЯВРОЖАЙНА ОБРОБКА ФРУКТІВ І ОВОЧІВ ДЛЯ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЇХ ЗБЕРІГАННЯ

Т. П. Пирог, А. О. Зварич

Національний університет харчових технологій

Нині активно досліджуються такі біологічні методи післяврожайної обробки плодів та овочів, як використання ефірних олій, природного полісахариду хітозану, метил-жасмоніату, мікроорганізмів-антагоністів і поверхнево-активних речовин (ПАР) мікробного походження. Серед мікробних поверхнево-активних речовин до використання у харчовій промисловості дозволені рамноліпиди.

Як мікроорганізми-антагоністи найчастіше використовують бактерії роду *Bacillus*, оскільки вони належать до асоційованих з рослинами бактерій, здатних стимулювати їх ріст або безпосередньо або опосередковано за рахунок синтезу широкого спектра біологічно активних сполук. Наразі відомо більше десяти комерційних препаратів (*Biosave*, *Avogreen*, *Serenade*, *Pantovital*, *Aspire*, *Boni Protect* тощо) на основі бактеріальних і дріжджових антагоністів.

Перспективним для обробки плодів та овочів з метою подовження терміну їх зберігання є використання комбінованих біологічних методів, зокрема, поверхнево-активних речовин з мікроорганізмами-антагоністами, хітозану з ефірними оліями та метил-жасмоніатом.

У статті наведено результати власних досліджень обробки овочів і фруктів розчинами ПАР *Nocardia vaccini* IMB B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 та *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017, в результаті якої спостерігали зниження чисельності бактерій і грибів на їх поверхні у 6–20 і 8–50 разів відповідно порівняно з кількістю на поверхні митих водою плодів. ПАР *N. vaccini* IMB B-7405, *R. erythropolis* IMB Ac-5017 і *A. calcoaceticus* IMB B-7241 мають такі переваги порівняно з описаними в літературі: проявляють високу антимікробну активність за значно нижчих концентрацій (0,01–0,5 г/л) і у вигляді супернатанту, що дає змогу виключити з технологічного процесу дорогу стадію виділення й очищення цільового продукту. Крім того, ПАР-вмісні супернатанти характеризуються високою ефективністю в разі їх повторного використання.

Ключові слова: фізичні, хімічні і біологічні методи, ефірні олії, хітозан, мікроорганізми-антагоністи, мікробні поверхнево-активні речовини

Постановка проблеми. Залежно від регіону втрати врожаю фруктів та овочів у світі становлять від 15 до 50% (Romanazzi, Feliziani, Baños & Sivakumar, 2017). Такі значні втрати зумовлені неналежним післязбиральним зберіганням і, як наслідок, псуванням. Для того, щоб забезпечувати ринок якісною продукцією, необхідно подбати про відповідне, безпечне, довготривале зберігання свіжозібраних овочів і фруктів, які є чутливими до різноманітного псування: фізичних ушкоджень, уражень комахами і гризунами та особливо розвитком мікроорганізмів, збудників цвілі та гниття.

Післязбиральна обробка та миття плодів є важливими процесами для видалення бруду, залишків пестицидів (що використовуються під час вирощування)

та мікроорганізмів, які згубно впливають на якість свіжозібраних овочів і фруктів. Нині найпоширенішим методом післяврожайної обробки плодів та овочів є застосування розчинів хлору, насамперед завдяки його доступності та низькій вартості (Van Haute, Sampers, Holvoet & Uyttendaele, 2013). Однак утворення канцерогенних сполук у хлорованій воді може становити серйозну загрозу здоров'ю людини та навколишньому середовищу.

Останніми роками підвищився інтерес науковців до безпечних альтернативних методів обробки плодоовочевої продукції, зокрема, біологічних (Barbosa, Mantovani & Jain, 2017; Sharma та ін., 2018; Romanazzi, Feliziani & Sivakumar, 2018; Dukare та ін., 2019). Так, природний біополімер хітозан або його комбінації з ефірними оліями, органічними кислотами, наночасточками металів використовується для захисту фруктів та овочів у процесі зберігання (Romanazzi, Feliziani, Baños & Sivakumar, 2017; Romanazzi, Feliziani & Sivakumar, 2018). У праці (Barbosa, Mantovani & Jain, 2017) зазначається, що перспективними для обробки як фруктів, так і фруктових концентратів, соків, салатів з метою запобігання мікробному псуванню є бактеріоцини нізін, ентероцин AS-48, бовіцин HC5, ентероцин 416K1, педіоцин та біфіцин C6165, причому нізін та педіоцин дозволені як харчові добавки у багатьох країнах світу. Серед мікробних поверхнево-активних речовин до використання у харчовій промисловості дозволені рамноліпіди (Sinumvayo & Ishimwe, 2015).

Мета статті: узагальнення даних літератури про використання різних методів післязбиральної обробки плодоовочевої продукції для подовження терміну зберігання.

Викладення основних результатів дослідження. Фізичні методи. Класичним методом є *контроль температури* (2—10°C) на складах при постійній вентиляції. Цей метод використовується у сучасній практиці в комбінації з іншими, оскільки сам по собі є недостатньо ефективним (Ali, Yeoh, Forney & Siddiqui, 2018).

Ультрафіолетове випромінювання (УФ) є перспективною нетермічною технологією, найефективніший протимікробний ефект якої досягається за довжини хвиль 250 і 260 нм (Kim та ін., 2013; Graça, Salazar, Quintas & Nunes, 2013; Esua, Chin, Yusof & Sukor, 2020; Deng та ін., 2020). Так, кількість клітин *Esherichia coli* O157:H7 NCTC 12900, *Listeria innocua* СЕСТ-910 та *Salmonella enterica* ATCC ВАА-709 на поверхні яблука зменшилась нижче за межу виявлення за використання УФ-опромінення у дозі 1,0 кДж/м² (Graça, Salazar, Quintas & Nunes, 2013). УФ-опромінення груш (доза 2,5—10 кДж/м²) супроводжувалося зниженням на їх поверхні чисельності *Cronobacter sakazakii* на 1,6—2,3 log КУО/г (Santo, Graça, Nunes & Quintas, 2016).

Дослідження показали, що *обробка високим гідростатичним тиском* (від 300 до 600 МПа) може ефективно використовуватися в післязбиральній обробці плодів (Ali, Yeoh, Forney & Siddiqui, 2018; Deng та ін., 2020). Так, наприклад, після застосування тиску 500 МПа упродовж 10 хв спостерігали повне знищення клітин *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* та *Salmonella typhimurium* на квасолі, моркві, шпинаті, редьці (Jung, Lee, Kim, Cho & Ahn, 2014).

Ультразвук. Останніми роками випробовували частоту ультразвукового діапазону від 20 до 45 кГц і експозицію від 1 до 10 хв в процедурах обробки неушкоджених і свіжозрізаних фруктів та овочів (Millan-Sango, Garroni, Farrugia, Van Impe & Valdramidis, 2016; Millan-Sango, Sammut, Van Impe & Valdramidis, 2017; Deng та ін., 2020). Поєднання різних параметрів ультразвуку (потужність, температура, час) може привести до зменшення чисельності мікроорганізмів на 1,06—4,22 log КУО/г (Deng та ін., 2020).

Ультразвукова обробка (26 кГц, 200 Вт) впродовж 5 хв супроводжувалася скороченням популяції *E. coli* та *Salmonella enteritidis* на люцерні на 1,40 і 1,06 log КУО/г відповідно (Millan-Sango, Sammut, Van Impe & Valdramidis, 2017). У разі аналогічної обробки кількість клітин *S. enteritidis* на листі салату зменшилася на 2,23 log КУО/см² (Millan-Sango, Garroni, Farrugia, Van Impe & Valdramidis, 2016).

Хімічні методи. **Діоксид хлору** ClO₂ утворюється в результаті реакції кислоти з хлоритом натрію або хлориту натрію з хлорним газом, характеризується вищою в 2,5 раза окиснювальною здатністю порівняно з хлором у вигляді хлорної кислоти (HOCl) (Praeger, Herppich & Hassenberg, 2018). Обробка моркви (0,07 мг ClO₂/г, 5 год) зменшила загальну кількість клітин *E. coli*, *S. enterica* і *Listeria monocytogenes* на поверхні на 7,7; 4 і 2,5 log КУО/г відповідно, чисельність цих же бактерій на поверхні ягід чорниці, оброблених діоксидом хлору (0,12 мг ClO₂/г, 2,5 год) знижувалася на 3,6; 1,6 і 2,1 log КУО/г відповідно (Bridges, Rane & Wu, 2018). У дослідженні (Sun та ін., 2017) встановлено, що за дії ClO₂ (2—8 ppm, 14 діб, 20°C) чисельність *E. coli* і *Alternaria alternata* на поверхні томатів чері зменшувалася на 2,9—4,7 і 1,6—4,0 log КУО/г відповідно.

Озонування викликало комерційний інтерес у виробників завдяки його ефективності для продовження терміну зберігання плодів за рахунок пригнічення росту мікроорганізмів, запобігання гниттю та видаляючи пестициди та фунгіциди, що знаходяться на поверхні фруктів та овочів. Наприклад, обробка озонованою водою (1,4 мг/л) знижувала чисельність бактерій на свіжозібраних яблуках на 1,83—2,13 log КУО/г, що супроводжувалося збільшенням терміну їх зберігання до 10 днів (Liu, Ma, Hu, Tian & Sun, 2016). Після озонування томатів (300 ppm, 5 год) спостерігали зниження кількості клітин *E. coli*, *S. enterica* і *Listeria monocytogenes* на поверхні овочів на 1,6; 1,1 і 1,1 log КУО/г відповідно (Bridges, Rane & Wu, 2018). При цьому працівникам важливо не піддаватися впливу концентрації озону понад 0,05 проміле упродовж 8 год (Miller, Silva & Brandão, 2013). Ця обставина гальмує запровадження методу озонування в промислових масштабах.

Застосування **електролізованої води** як екологічно інноваційного дезінфікуючого засобу викликало інтерес у галузі післязбиральної обробки овочів та фруктів, адже метод має певні переваги (табл. 1).

У дослідженні (Martinez-Hernandez та ін., 2015) спостерігали зниження кількості кишкової палички та *S. enteritidis* на 1,6 log КУО/г після двохвилинної обробки електролізованою водою (вміст хлору 100 мг/л, рН 7, окисно-відновний потенціал 900 мВ). Обробка груш упродовж 5 хв електролізованою водою (102 мг/л хлору, рН 8,2) супроводжувалося зниження чисельності *E. coli*,

S. enterica і *Listeria* spp. на 0,53—1,1 log КУО/г (Graca, Santo, Quintas & Nunes, 2017).

Перекис водню, що запропонований як альтернатива хлору в харчовій промисловості, може утворюватися електролітичним окисленням сірчаної кислоти або електричним розрядом через суміш водню, кисню та водяної пари (Ali, Yeoh, Forney & Siddiqui, 2018). Після обробки перекисом водню (0,4 М, 1 хв) загальна чисельність мікроорганізмів на поверхні томатів через 8 діб їх зберігання при 10°C була на 55% нижчою, ніж у контрольному варіанті (Kim, Fonseca, Kubota & Choi, 2007). Зазначимо, що в останні десять років публікації про використання перекису водню для обробки плодів практично відсутні.

У табл. 1 наведено переваги та недоліки фізичних і хімічних методів обробки плодоовочевої продукції.

Таблиця 1. Основні фізичні і хімічні методи післяврожайної обробки фруктів та овочів

Метод	Переваги	Недоліки
1	2	3
УФ-опромінення	Відносно невисока вартість обладнання; простота у використанні; невеликі зміни в якості продукції за низьких доз; безперервний процес	Низький ступінь проникнення; поява тіньових ефектів; змінює світлочутливі сполуки у продуктах; можливість відновлення деяких мікроорганізмів
Високий гідростатичний тиск	Рівномірність обробки; ефективна інактивація вегетативних бактерій; збереження якості продукції; інактивація ферментів, обробка в упаковці	Неможливість інактивації бактеріальних спор; пакетна обробка; висока вартість обладнання; проблеми безпеки при використанні високого тиску; певний вплив на якість продукції
Ультразвукова обробка	Незначні зміни в якості продукції; відсутність шкідливих залишків	Низька ефективність щодо бактерій; відсутність обладнання для використання у промисловому масштабі; порушення цілісності клітин і зміна якості продукції за використання у високих дозах
Діоксид хлору	Можливість застосування у розчиненому (вода) або газоподібному стані; вища окиснювальна здатність та антимікробна активність порівняно з хлором; відсутність канцерогенних побічних продуктів; менш їдкий, ніж хлор та озон	Низька ефективність при дозволений концентрації; дуже короткий термін зберігання; небезпека вибуху та токсичність при високій концентрації; необхідність промивання водою після обробки; утворення побічних продуктів; можливий вплив на якість продукції; можливість відновлення деяких мікроорганізмів
Озонування	Можливість застосування у розчиненому (вода) або газоподібному стані; безпечний для довкілля; без залишкових сполук	Окиснення компонентів продукції за високої концентрації; питання безпеки працівників; висока нестабільність; можливість корозії, високі експлуатаційні витрати

1	2	3
Електролізована вода	Низькі експлуатаційні витрати; простота експлуатації; безпечність та екологічність	Дуже короткий термін зберігання; корозійна небезпека висококіслотної води; утворення газоподібного хлору; можливість негативного впливу на продукцію
Перекис водню	Висока антимікробна активність щодо широкого кола мікроорганізмів, відсутність утворених токсичних сполук	Різне зниження упродовж зберігання фенольних та антиоксидантних сполук у оброблених перекисом водню плодах

Примітка: побудовано за (Ali, Yeoh, Forney & Siddiqui, 2018; Deng L. Z. та ін., 2020).

Біологічні методи. *Ефірні олії* *Origanum dictamnus* (материнка), *Origanum microphyllum* (майоран), *Thymbra capitata* (чебрець), *Rosmarinus officinalis* (розмарин), *Laurus nobilis* (лавр) та *Salvia officinalis* (сальвія) є перспективними для альтернативної післязбиральної обробки овочів і фруктів, оскільки ці речовини природного походження є біодеградабельними та екологічними (Maghenzani, Chiabrande, Santoro, Spadaro & Giacalone, 2018; Kontaxakis та ін., 2020).

У дослідженні (Maghenzani, Chiabrande, Santoro, Spadaro & Giacalone, 2018) показано можливість подовження терміну зберігання вишень за допомогою обробки парами ефірних олій з чебрецю та чаберу. Встановлено, що ефірна олія чаберу в концентраціях 18 та 4,5 мг/мл знижувала розвиток плісняви на плодах на 42,9 та 33,3% відповідно. Випари ефірної олії чебрецю виявились більш ефективними і в концентрації 4,5 мг/мл вони забезпечували зниження поширення плісняви на 61,9%.

Метил жасмонат (MeJA) — важливий природний регулятор росту рослин, що може ефективно пригнічувати післязбиральне псування різних фруктів та овочів (Guo та ін., 2014; Asghari, 2019). Крім того, не існує жодного повідомлення про несприятливі наслідки MeJA на здоров'я людини у разі використання його як харчової добавки або для обробки рослин. Дані літератури свідчать про те, що MeJA ефективний проти різних патогенів, таких як *Botrytis cinerea*, *Alternaria brassicicola*, *Plectosphaerella cucumerina*, *Fusarium oxysporum*, *Magnaporthe oryzae* і *Colletotrichum gloeosporioides* (Asghari, 2019). Показано, що MeJA підвищує також стійкість до інфекцій під час зберігання різних плодів, наприклад, *Penicillium digitatum* на мандаринах (Guo та ін., 2014).

Хітозан був першим полімером у списку природних речовин, затверджених в Європейському Союзі для захисту рослин як у фермерських господарствах, так і великих агрокомпаній (Romanazzi, Feliziani, Baños & Sivakumar, 2017; Romanazzi, Feliziani & Sivakumar, 2018) У разі застосування для обробки плодів хітозан проявляє потрібну активність: 1) активація захисної системи плоду; 2) антимікробна активність; 3) утворення захисної плівки на обробленій поверхні.

Покриття хітозаном подовжувало термін зберігання броколі, а суміш 1% розчину хітозану з 0,2% ефірної олії чаберу зменшувала чисельність *L. monocytogenes* ATCC 19112 на 2,4 log КУО/г на поверхні чорної редьки (Severino та ін., 2014). Значно підвищувало антимікробну дію хітозану використання мікроорганізмів-антагоністів (Zhou, Zhang & Zeng, 2016). Так, обробка цитрусових 0,001, 0,01 та

0,1% розчинами хітозану за наявності *Pichia membranifaciens* (10^8 кл/мл) супроводжувалася повним інгібуванням *Colletotrichum gloeosporioides* на поверхні плодів.

На сьогодні все частіше з'являються праці про застосування біологічного контролю в післязбиральному захисті овочів і фруктів, що здійснюється за допомогою **мікроорганізмів-антагоністів** (Calvo, Marco, Blanco, Oria & Venturini, 2017; Zhang та ін., 2019; Dukare та ін., 2019; Lastochkina та ін., 2019; Mukherjee та ін., 2020; López-González та ін., 2021).

Потенційний антагоністичний мікроорганізм для використання в післязбиральному біоконтролі повинен бути генетично стабільним, ефективним за використання в низьких концентраціях і сумісним з іншими фізичними та хімічними методами обробки (Dukare та ін., 2019; Lastochkina та ін., 2019).

Комерційні препарати мікроорганізмів-антагоністів зареєстровані та виробляються в ряді країн світу (табл. 2).

Таблиця 2. Комерційні препарати мікроорганізмів-антагоністів для післяврожайної обробки плодів

Назва препарату	Мікроорганізм-антагоністи	Фрукти та овочі, для обробки яких використовуються	Цільовий патоген (захворювання)	Фірма-виробник та/або країна
1	2	3	4	5
Препарати на основі бактеріальних антагоністів				
Biosave	<i>Pseudomonas syringae</i>	Зерняткові фрукти, цитрусові, полуниця, вишня, картопля	<i>Penicillium, Botrytis, Mucor</i>	Jet Harvest Solutions, США
Avogreen	<i>Bacillus subtilis</i>	Авокадо	<i>Cercospora, Colletotrichum</i>	Південна Африка
Rhio-plus	<i>Bacillus subtilis</i> FZB 24	Картопля та інші овочі	Борошниста роса та кореневі гнилі	KFZB Biotechnick, Німеччина
Serenade	<i>Bacillus subtilis</i> QST713	Яблука, груші, виноград, помідори, картопля	Борошниста роса, фітофтороз, бура гниль, бактеріальні опіки	AgraQuest. Inc., США
Phytoposporin-M Authum, AntiGnil Phytoposporin M	<i>Bacillus subtilis</i> 26D	Морква, помідори, капуста, цукрові буряки, картопля	Гниль, плісені	Bashinkom, Росія
Rhapsody®	<i>Bacillus subtilis</i> QST 713	Помідори	Гниль	Bayer, Канада
Pantovital	<i>Pantoea agglomerans</i>	Зерняткові фрукти, цитрусові	<i>Penicillium, Botrytis, Monilinia</i>	IRTA/ Sipsam-Inagra, Іспанія
Препарати на основі дріжджових антагоністів				
Candifruit	<i>Candida sake</i>	Зерняткові фрукти	<i>Penicillium, Botrytis, Rhizopus</i>	IRTA/ Sipsam-Inagra, Іспанія
Aspire	<i>Candida oleophila</i>	Зерняткові і кісточкові фрукти, цитрусові, полуниця	<i>Botrytis, Penicillium, Monilinia</i>	Ecogen, США
Nexy	<i>Candida oleophila</i>	Зерняткові фрукти	<i>Botrytis, Penicillium</i>	Lesaffre, Бельгія
Yield Plus	<i>Cryptococcus albidus</i>	Зерняткові фрукти, цитрусові	<i>Botrytis, Penicillium, Mucor</i>	Lallem, Південна Африка

1	2	3	4	5
Boni Protect	<i>Aureobasisium pullulans</i>	Зерняткові фрукти	<i>Penicillium, Botrytis, Monilinia</i>	Біо-ферм, Австрія
Shemer	<i>Metschnikowia fructicola</i>	Зерняткові і кісточкові фрукти, столовий виноград, полуниця, солодка картопля	<i>Botrytis, Penicillium, Rhizopus, Aspergillus</i>	Байер/Корперт, Нідерланди

Примітка: побудовано за (Dukare та ін., 2019; Lastochkina та ін., 2019).

Аналіз літературних джерел показав, що досить часто як мікроорганізми-антагоністи використовують бактерії роду *Bacillus* (Calvo, Marco, Blanco, Oria & Venturini, 2017; Zhang та ін., 2019; Dukare та ін., 2019; Lastochkina та ін., 2019). Це зумовлено причинами описаними у (Lastochkina та ін., 2019). Представники цього роду належать до асоційованих з рослинами PGPR-бактерій (plant growth promoting rhizobacteria), які здатні стимулювати ріст рослин або безпосередньо (в результаті солюбілізації фосфатів, хелатування іонів заліза та синтезу фітогормонів), або опосередковано (пригнічення фітопатогенів, індукція стійкості до фітопатогенів і стресових умов). Вони синтезують широкий спектр біологічно активних сполук (антибіотики, сидерофори, поверхнево-активні ліпопептиди ферменти, екзополісахариди). Приклади використання бактерій роду *Bacillus* для післяврожайної обробки фруктів та овочів наведено у табл. 3.

Таблиця 3. Післязбиральна обробка плодоовочевої продукції антагоністами роду *Bacillus*

Антагоніст	Захворювання (патогени)	Фрукти та овочі
<i>Bacillus subtilis</i>	Бура гниль (<i>Lasiodiplodia theobromae</i>)	Абрикоси, персики, нектарин, сливи
	Стеблова гниль (<i>Botryodiplodia theobromae</i> Pat)	Авокадо
	Зелена цвіль (<i>Penicillium digitatum</i>)	Цитрусові
	Кисла гниль (<i>Geotrichum candidum</i> Link)	Цитрусові
	Грибкова гниль (<i>Aspergillus niger, Botryodiplodia theobromae, Penicillium oxalicum</i>)	Ямс
	Сіра цвіль (<i>Botrytis cinerea</i>)	Полуниця
	<i>Aspergillus, Penicillium, Alternaria, Cladosporium, Fusarium, Mucor</i>	Картопля
	<i>Botryosphaeria dothidea, Diaporthe actinidiae, Botrytis cinerea</i>	Ківі
	Гниль (<i>Penicillium</i> sp., <i>Rhizopus stolonifer</i>)	Томати
	Сіра цвіль (<i>Botrytis cinerea</i>)	Томати
Гниль (<i>Rhizopus</i>)	Персики	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Бура гниль (<i>Monilinia</i> spp.)	Персики, нектарин, вишні, абрикоси, сливи
<i>Bacillus licheniformis</i>	Сіра цвіль (<i>Botrytis mali</i>)	Яблука
<i>Bacillus pumilus</i>	Сіра цвіль (<i>Botrytis cinerea</i>)	Груші
<i>B. licheniformis</i> (Weigmann) Verhoeven	Антракноз (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) Стеблова гниль (<i>Dothiorella gregaria</i> Sacc.)	Манго

Примітка: побудовано за (Lastochkina O. та ін., 2019).

Аналіз літературних даних показав, що публікації стосовно використання **ПАР мікробного походження** для післяврожайної обробки плодоовочевої продукції можна поділити на три групи.

Статті першої групи (Calvo, Marco, Blanco, Oria & Venturini, 2017; Zhang та ін., 2019; Dukare та ін., 2019; Lastochkina та ін., 2019) присвячені застосуванню для післяврожайного біоконтролю чисельності фітопатогенів препаратів на основі біомаси мікроорганізмів — антагоністів певних збудників, які уражують ті чи інші фрукти та овочі.

Вплив мікробних ПАР у цьому разі є опосередкованим і розглядається як один з можливих механізмів антагонізму, зокрема для препаратів на основі біомаси бактерій родів *Bacillus* і *Pseudomonas*. Так, встановлено (Calvo, Marco, Blanco, Oria & Venturini, 2017), що в разі обприскування уражених фітопатогенними грибами апельсинів, яблук, винограду та кісточкових фруктів супернатантом *Bacillus amyloliquefaciens* BUZ-14 спостерігали швидше інгібування інфекції порівняно з обробкою суспензією вегетативних чи спорових клітин. Цікавим виявився той факт, що антифунгальна активність супернатанту щодо різних фітопатогенних грибів залежала від тривалості вирощування штаму BUZ-14. Автори пояснюють це явище тим, що в процесі культивування *B. amyloliquefaciens* BUZ-14 відбувається якісна і кількісна зміна співвідношення компонентів у складі синтезованого антимікробного комплексу.

У публікаціях другої групи (Pierce & Heilman, 1998; Yan, Xu, Chen & Zheng, 2014; Dingle-Pulate, Joshi, Bhagwat & Prabhune, 2015) як препарати для післяврожайної обробки плодів та овочів використовували композиції, що містили очищені мікробні ПАР (переважно рамно- і софороліпіди) та інші компоненти. Так, обробка томатів черрі розчином рамноліпідів (0,5 г/л) та суспензією дріжджів *Rhodotorula glutinis* (1×10^8 кл/мл) дала змогу знизити рівень інфікування цих овочів збудником *Alternaria alternata* на 60% (Yan, Xu, Chen & Zheng, 2014). Автори стверджують, що розчин, який містив лише рамноліпіди, виявився мало ефективним. У праці (Dingle-Pulate, Joshi, Bhagwat & Prabhune, 2015) повідомляється, що в разі обробки томатів та огірків герміцидною (бактерицидною) композицією (2,5% софороліпиду *Candida bombicola* ATCC 22214 у поєднанні з силікатом натрію, карбонатом натрію та поліетиленгліколем) не спостерігали видимих ознак мікробного псування овочів упродовж 7 діб. Зазначимо, що перша герміцидна композиція на основі мікробних софороліпідів була запатентована у 1998 р. (Pierce & Heilman, 1998). Крім поверхнево-активних речовин (замість софороліпідів це може бути лаурилсульфат натрію або суміш мікробних і хімічних ПАР), вона містила суміш органічних кислот (лимонної, гліколевої, молочної, яблучної, винної). Ця композиція забезпечувала 100% інгібування на поверхні фруктів та овочів бактерій *Escherichia coli*, а також представників родів *Salmonella* і *Shigella*.

Третя група публікацій (Jing & Bingbing, 2010; Sharma та ін., 2018; Toral, Rodríguez, Béjar & Sampedro, 2018) стосується використання для обробки плодоовочевої продукції тільки розчинів поверхнево-активних речовин, без будь-яких інших допоміжних складових. Так, у патенті (Jing & Bingbing, 2010) пропонується для подовження терміну зберігання цитрусових, яблук, груш, абрикосів

обприскувати їх розчином очищених софороліпідів з концентрацією 3 г/л (продуцент *Wickerhamiella domercqiae* Y2A). Автори праці (Sharma та ін., 2018) встановили, що з трьох досліджуваних мікробних ПАР (продуценти *B. subtilis* 10T, *B. subtilis* 3285 і *Pseudomonas* sp.) тільки рамноліпід *Pseudomonas* sp. виявився ефективним щодо *Aspergillus oryzae* МТСС 1846, *Fusarium solani* МТСС 350 і *Curvularia* sp., які спричиняють псування лимонів, картоплі та томатів відповідно. У разі обробки попередньо інфікованих цими збудниками фруктів та овочів розчинами рамноліпиду в концентрації 1 г/л не спостерігали ознак розвитку мікробного псування упродовж 15 діб зберігання при кімнатній температурі, у той час як перші ознаки гниття необроблених плодів з'явилися уже на 6—7 добу (Sharma та ін., 2018). У дослідженні (Toral, Rodríguez, Béjar & Sampedro, 2018) встановлено, що обробка розчином ліпопептиду (8 г/л), синтезованого *Bacillus methylophilus* ХТ1 СЕСТ 8661, попередньо інфікованих *Botrytis cinerea* плодів винограду, томатів і полуниці супроводжувалася пригніченням інфекції на 70—100% через 6 діб.

Наші дослідження (Pirog, Beregova, Geichenko & Stabnikov, 2019; Pirog, Geichenko & Zvarych, 2019) показали, що обробка овочів (броколі, брюсельської капусти, солодкого перцю, огірків, кабачків і томатів) і фруктів (черешні) розчинами ПАР (0,01—0,5 г/л) *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241 та *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017 супроводжувалася зниженням чисельності бактерій і грибів на їх поверхні у 6—20 і 8—50 разів відповідно порівняно з кількістю на поверхні митих водою плодів. Інфікування попередньо оброблених розчином ПАР (0,1 г/л) черешень *Aspergillus niger* Р-3 супроводжувалася зниженням кількості клітин збудника у 2—5 разів порівняно з використанням для попереднього миття фруктів води. Встановлено можливість двократного використання одного й того самого розчину ПАР для миття різних партій овочів і фруктів. Необроблені та миті водою овочі і фрукти швидше піддавалися гниттю порівняно з обробленими розчинами ПАР.

Поверхнево-активні речовини *N. vaccinii* ІМВ В-7405, *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 і *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241, використані для обробки овочів з метою подовження терміну їх зберігання, мають такі переваги порівняно з описаними в літературі мікробними ПАР: проявляють високу антимікробну активність за значно нижчих концентрацій ПАР (0,01—0,5 г/л) і у вигляді супернатанту, що дає змогу виключити з технологічного процесу дорогу стадію виділення та очищення цільового продукту. Крім того, ПАР-вмісні супернатанти характеризуються високою ефективністю в разі їх повторного використання. Зазначимо, що натепер у літературі подібні відомості відсутні.

Висновки

Отже, нині для подовження терміну зберігання і транспортування овочів широко застосовують фізичні і хімічні методи. Недоліком фізичних методів є усунення природного захисту овочів, що спричиняє синці, вм'ятини, і робить їх чутливими до висихання та в'янення. Крім того, фізичні методи потребують наявності спеціального устаткування. Використання хімічних речовин для обробки

овочів негативно сприймається споживачем. Нині активно досліджується можливість використання для післязрожайної обробки фруктів біологічних методів, зокрема, покриттів на основі природного полісахариду хітозану, природних біоцидів (рослинних ефірних олій, метил-жасмоніату), мікроорганізмів-антагоністів, мікробних поверхнево-активних речовин з антимікробними та антиадгезивними властивостями, а також комбінованих біологічних методів. Біологічні методи обробки плодів вважаються найперспективнішими, оскільки біологічні сполуки, що використовуються, є біодеградабельними та не завдають шкоди споживачам.

Література

- Ali A., Yeoh W. K., Forney C., Siddiqui M. W. (2018). Advances in postharvest technologies to extend the storage life of minimally processed fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(15), 2632—2649. doi:10.1080/10408398.2017.1339180.
- Asghari M. (2019). Impact of jasmonates on safety, productivity and physiology of food crops. *Trends in Food Science and Technology*, 91, 169—183. doi:10.1016/j.tifs.2019.07.005.
- Barbosa A. A. T., Mantovani H. C., Jain S. (2017). Bacteriocins from lactic acid bacteria and their potential in the preservation of fruit products. *Critical Reviews in Biotechnology*, 37(7), 852—864. doi: 10.1080/07388551.2016.1262323.
- Bridges D. F., Rane B., Wu V. C. (2018). The effectiveness of closed-circulation gaseous chlorine dioxide or ozone treatment against bacterial pathogens on produce. *Food Control*, 91:261—267. doi:10.1016/j.foodcont.2018.04.004.
- Calvo H., Marco P., Blanco D., Oria R., Venturini M. E. (2017). Potential of a new strain of *Bacillus amyloliquefaciens* BUZ-14 as a biocontrol agent of postharvest fruit diseases. *Food Microbiology*, 63, 101—110. doi: 10.1016/j.fm.2016.11.004.
- Deng L. Z., Mujumdar A. S., Pan Z., Vidyarthi S. K., Xu J., Zielinska M., Xiao H. W. (2020). Emerging chemical and physical disinfection technologies of fruits and vegetables: a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(15): 2481—2508. doi: 10.1080/10408398.2019.1649633.
- Dengle-Pulate R., Joshi J., Bhagwat S., Prabhune A. (2015). Application of sophorolipids synthesized using lauryl alcohol as a germicide and fruit-vegetable wash. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 3(7), 1630—1643.
- Dukare A. S., Paul S., Nambi V. E., Gupta R. K., Singh R., Sharma K., Vishwakarma R. K. (2019). Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9):1498—1513. doi: 10.1080/10408398.2017.1417235.
- Esua O. J., Chin N. L., Yusof Y. A., Sukor R. (2020). A review on individual and combination technologies of UV-C radiation and ultrasound in postharvest handling of fruits and vegetables. *Processes*, 8(11), 1433; <https://doi.org/10.3390/pr8111433>.
- Graça A., Salazar M., Quintas C., Nunes C. (2013). Low dose UV-C illumination as an eco-innovative disinfection system on minimally processed apples. *Postharvest Biology and Technology*, 85, doi:10.1016/j.postharvbio.2013.04.013.
- Graca A., Santo D., Quintas C., Nunes C. (2017). Growth of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* and *Listeria* spp., and their inactivation using ultraviolet energy and electrolyzed water, on “rocha” fresh-cut pears. *Food Control*, 77:41—9. doi: 10.1016/j.foodcont.2017.01.017.
- Guo J., Fang W., Lu H., Zhu R., Lu L., Zheng X., Yu T. (2014). Inhibition of green mold disease in mandarins by preventive applications of methyl jasmonate and antagonistic yeast *Cryptococcus laurentii*. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 72—78. doi:10.1016/j.postharvbio.2013.09.008.
- Jing C., Bingbing Y. (2010). Sophorolipid fruit preservative and use thereof in fruit preservation. Chinese Patent CN 101886047. Publ. 17.11.2010.
- Jung L. S., Lee S. H., Kim S., Cho Y., Ahn J. (2014). Effect of highpressure post-packaging pasteurization on microbiological quality of ready-to-use vegetables. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 406—412. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00788.x>.

- Kim H. J., Fonseca J. M., Kubota C., Choi J. H. (2007). Effect of hydrogen peroxide on quality of fresh-cut tomato. *Journal of Food Science*, 72(7):S463—467. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00459.x.
- Kim Y. H., Jeong S. G., Back K. H., Park K. H., Chung M. S., Kang D. H. (2013). Effect of various conditions on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in fresh-cut lettuce using ultraviolet radiation. *International Journal of Food Microbiology*, 166(3):349—355. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2013.08.010.
- Kontaxakis E., Filippidi E., Stavropoulou A., Daferera D., Tarantilis P. A., Lydakis D. (2020). Evaluation of eight essential oils for postharvest control of *Aspergillus carbonarius* in grapes. *Journal of Food Protection*, 83(9):1632—1640. doi: 10.4315/JFP-19-582.
- Lastochkina O., Seifikalhor M., Aliniaiefard S., Baymiev A., Pusenkova L., Garipova S., Kulabuhova D., Maksimov I. (2019). *Bacillus* spp.: efficient biotic strategy to control postharvest diseases of fruits and vegetables. *Plants (Basel)*, 8(4):97. doi: 10.3390/plants8040097.
- Liu C., Ma T., Hu W., Tian M., Sun L. (2016). Effects of aqueous ozone treatments on microbial load reduction and shelf life extension of fresh-cut apple. *International Journal of Food Science and Technology*, 51 (5):1099—109. doi: 10.1111/ijfs.13078.
- López-González R. C., Juárez-Campusano Y. S., Rodríguez-Chávez J. L., Delgado-Lamas G., Medrano S. M. A., Martínez-Peniche R. Á., Pacheco-Aguilar J. R. (2021). Antagonistic activity of bacteria isolated from apple in different fruit development stages against blue mold caused by *Penicillium expansum*. *The Plant Pathology Journal*, 37(1):24—35. doi: 10.5423/PPJ.OA.07.2020.0121.
- Maghenzan M., Chiabrando V., Santoro K., Spadaro D., Giacalone G. (2018). Effects of treatment by vapour of essential oil from *Thymus vulgaris* and *Satureja montana* on postharvest quality of sweet cherry (cv. Ferrovia). *Journal of Food and Nutrition Research*, 57(2), 161—169.
- Martinez-Hernandez G. B., Navarro-Rico J., Gomez P. A., Oton M., Artes-Hernandez F. (2015). Combined sustainable sanitising treatments to reduce *Escherichia coli* and *Salmonella enteritidis* growth on fresh-cut kailan-hybrid broccoli. *Food Control*. 2015; 47, 312—317.
- Millan-Sango D., Garroni E., Farrugia C., Van Impe J. F., Valdramidis V. P. (2016). Determination of the efficacy of ultrasound combined with essential oils on the decontamination of salmonella inoculated lettuce leaves. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 73:80—87. doi: 10.1016/j.lwt.2016.05.039.
- Millan-Sango D., Sammut E., Van Impe J. F., Valdramidis V. P. (2017). Decontamination of alfalfa and mung bean sprouts by ultrasound and aqueous chlorine dioxide. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 78:90—96. doi: 10.1016/j.lwt. 2016.12.015.
- Miller F. A., Silva C. L. M., Brandão T. R. S. (2013). A review on ozone-based treatments for fruit and vegetables preservation. *Food Engineering Reviews*, 5(2), 77—106. doi:10.1007/s12393-013-9064-5.
- Mukherjee A., Verma J. P., Gaurav A. K., Chouhan G. K., Patel J. S., Hesham A. E. (2020). Yeast a potential bio-agent: future for plant growth and postharvest disease management for sustainable agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(4):1497—1510. doi: 10.1007/s00253-019-10321-3.
- Pierce D., Heilman T. J. (1998). Germicidal composition. World Patent № 9816192. Publ. 23.04.1998.
- Pirog T., Beregova K., Geichenko B., Stabnikov V. (2019). Application of surface-active substances produced by *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 for the treatment of vegetables. *Ukrainian Food Journal*, 8(1): 99—109. doi:10.24263/2304-974X-2019-8-1-11.
- Pirog T. P., Geichenko B. S., Zvarych A. O. (2019). Post-harvest treatment of vegetables with exometabolites of *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 to extend their shelf life. *Biotechnologia Acta*, 12(6): 46—55. <https://doi.org/10.15407/biotech12.06.046>.
- Praeger U., Herppich W. B., Hassenberg K. (2018). Aqueous chlorine dioxide treatment of horticultural produce: Effects on microbial safety and produce quality — a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58 (2):318—333. doi: 10.1080/10408398.2016.1169157.

Romanazzi G., Feliziani E., Baños S. B., Sivakumar D. (2017). Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 579—601. doi: 10.1080/10408398.2014.900474.

Romanazzi G., Feliziani E., Sivakumar D. (2018). Chitosan, a biopolymer with triple action on postharvest decay of fruit and vegetables: eliciting, antimicrobial and film-forming properties. *Frontiers in Microbiology*, 9:2745. doi: 10.3389/fmicb.2018.02745.

Santo D., Graca A., Nunes C., Quintas C. (2016). Survival and growth of *Cronobacter sakazakii* on fresh-cut fruit and the effect of UV-C illumination and electrolyzed water in the reduction of its population. *International Journal of Food Microbiology*, 231:10—5. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.04.023.

Severino R., Vu K. D., Donsì F., Salmieri S., Ferrari G., Lacroix M. (2014). Antimicrobial effects of different combined non-thermal treatments against *Listeria monocytogenes* in broccoli florets. *Journal of Food Engineering*, 124, doi:10.1016/j.jfoodeng.2013.09.026.

Sharma V., Garg M., Devismita T., Thakur P., Henkel M., Kumar G. (2018). Preservation of microbial spoilage of food by biosurfactant-based coating. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 11(2), 98—101.

Sinumvayo J. P., Ishimwe N. (2015). Agriculture and food applications of rhamnolipids and its production by *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Chemical Engineering and Process Technology*, 6(2), 223. doi:10.4172/2157-7048.1000223.

Sun X., Zhou B., Luo Y., Ference C., Baldwin E., Harrison K., Bai J. (2017). Effect of controlled-release chlorine dioxide on the quality and safety of cherry/grape tomatoes. *Food Control*, 82:26—30. doi:10.1016/j.foodcont.2017.06.021.

Toral L., Rodríguez M., Béjar V., Sampedro I. (2018). Antifungal activity of lipopeptides from *Bacillus* XT1 CECT 8661 against *Botrytis cinerea*. *Frontiers in Microbiology*, 9. doi:10.3389/fmicb.2018.01315.

Van Haute S., Sampers I., Holvoet K., Uyttendaele M. (2013). Physicochemical quality and chemical safety of chlorine as a reconditioning agent and wash water disinfectant for fresh-cut lettuce washing. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(9), 2850—2861. doi: 10.1128/AEM.03283-12.

Yan F., Xu S., Chen Y., Zheng X. (2014). Effect of rhamnolipids on *Rhodotorula glutinis* biocontrol of *Alternaria alternata* infection in cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 97, 32—35. doi:10.1016/j.postharvbio.2014.05.017.

Zhang B., Li Y., Zhang Y., Qiao H., He J., Yuan Q., Chen X., Fan J. (2019). High-cell-density culture enhances the antimicrobial and freshness effects of *Bacillus subtilis* S1702 on table grapes (*Vitis vinifera* cv. *Kyoho*). *Food Chemistry*, 286, 541—549. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.02.050.

Zhou Y., Zhang L., Zeng K. (2016). Efficacy of *Pichia membranaefaciens* combined with chitosan against *Colletotrichum gloeosporioides* in citrus fruits and possible modes of action. *Biological Control*. 2016; 96, 39—47.

APPLICATION OF MATRIX METHOD IN MANAGEMENT: MICROECONOMIC LEVEL

G. Kundieieva

National University of Food Technologies

Key words:

Matrix
Matrix approach
Indicators of management
of operational activity
of the enterprise
The value of the indicator

Article history:

Received 05.03.2021
Received in revised form
19.03.2021
Accepted 02.04.2021

Corresponding author:

G. Kundieieva
E-mail:
g_a_k@ukr.net

ABSTRACT

In the conditions of open economy, deepening of globalization, strengthening of international competition and deployment of the global socio-economic crisis, sustainable development of domestic enterprises requires effective management. To make rational management decisions a variety of methods are used and matrix methods are of particular interest. In the article the variety of matrix approach application for evaluation of development strategy elements and stages of some matrix methods application in enterprise activity research were analyzed. It allowed to apply the specified method in management of efficiency of enterprise activity.

The essence of the matrix approach and matrix structure, namely, indicators and initial parameters were disclosed. The criteria which allow to use the information thoroughly and make effective managerial decisions were specified. There was indicated in the article that the system of indicators for the analysis of operational efficiency is not the same for all businesses and the problematic issue remains the choice of indicators. To assess the effectiveness of operating activities of the PE Firm “Garmash” there were proposed the following indicators: the financial result of operating activities, net income from the sale of products (works, services), the average number of employees, equity, total costs of production and sales of products, property. The comprehensive analysis of the effectiveness of operating activities of the company according to the algorithm: the calculated indicators of the proposed indicators of efficiency of operating activities of the company in the reporting and previous years, calculated the rate of change of these indicators and the sum of the indices of changes in these indicators, identified the significance of each indicator. For the enterprise under consideration the greatest influence had a labor resource (average number of employees) and in the future it was necessary to study personnel policy of the enterprise for the purpose of effective use of labor resources.

ЗАСТОСУВАННЯ МАТРИЧНОГО МЕТОДУ В УПРАВЛІННІ: МІКРОЕКОНОМІЧНИЙ РІВЕНЬ

Г. О. Кундєєва

Національний університет харчових технологій

В умовах відкритої економіки, поглиблення глобалізації, посилення міжнародної конкуренції та розгортання глобальної соціально-економічної кризи забезпечення сталого розвитку вітчизняних підприємств потребує дієвого управління. Для прийняття раціональних управлінських рішень використовуються різноманітні методи, зокрема матричні.

У статті проаналізовано різноманіття застосування матричного підходу для оцінки елементів стратегії розвитку та етапи використання деяких матричних методів у дослідженнях діяльності підприємства. Це надало можливість застосування вказаного методу у сфері управління ефективністю діяльності підприємства.

Розкрито сутність матричного підходу та структури матриці, зокрема показники та початкові параметри. Визначено критерії, що дають змогу ґрунтовно використовувати інформацію та ефективно приймати управлінські рішення. Зазначено, що система показників для здійснення аналізу ефективності операційної діяльності не є однотипною для всіх підприємств, тому проблемним залишається питання вибору показників. Для оцінки ефективності операційної діяльності ПП Фірма «Гармаш» запропоновано такі показники: фінансовий результат від операційної діяльності; чистий дохід від реалізації продукції (робіт, послуг); середньооблікова чисельність штатних працівників; власний капітал; повні витрати на виробництво та реалізацію продукції; вартість майна. Здійснено комплексний аналіз ефективності операційної діяльності підприємства за таким алгоритмом: розраховано індекси запропонованих показників ефективності операційної діяльності підприємства звітного та попереднього років, обчислено темп зміни вказаних показників і суми індексів зміни цих показників, визначено вагомість кожного показника. Для аналізованого підприємства найбільшим впливовим є трудовий ресурс (середньооблікова чисельність працівників), тому в подальшому потрібно дослідити кадрову політику підприємства з метою ефективного використання трудових ресурсів.

Ключові слова: матриця, матричний підхід, показники управління операційною діяльністю підприємства, вагомість показника.

Постановка проблеми. Сучасний період соціально-економічного розвитку України, її інтеграція у світове господарство, посилення глобальної конкуренції, деформація світових ринків потребує адаптації вітчизняних підприємств до динамічних економічних умов господарювання. Однією з умов ефективного функціонування підприємства в мінливих економічних умовах є здатність ураховувати численні зміни, що відбуваються в зовнішньому середовищі, і, відповідно, своєчасно адаптуватися до нових умов господарювання за допомогою розробки дієвої стратегії розвитку. Формалізація процесу прийняття стратегічних управлінських

рішень може бути здійснена за допомогою методу моделювання економічних явищ і процесів. Сучасне управління діяльністю будь-якого підприємства потребує застосування адекватних стратегічних методів і моделей. Для оцінювання позицій підприємств, що функціонують у конкурентному середовищі, а також для прийняття раціональних управлінських рішень можуть використовуватися різноманітні методи, але особливий інтерес представляють якісні методи оцінки. Одним з інструментів якісного аналізу позиціонування підприємства в конкурентному середовищі є матричні методи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням застосування матричного підходу присвячено широке коло публікацій вчених-економістів. Матричний метод оцінки елементів стратегії розвитку запропоновано для вибору раціональних джерел фінансування господарської діяльності (Семенов, 2008); для вибору стратегії розвитку, що відповідатиме як потенціалу фірми, так і тенденціям галузевого розвитку (Яцкевич, 2015); для підтримання балансу між потенціалом зростання та обсягом доступних ресурсів, що є необхідною умовою для сталого розвитку (Calandro & Flynn, 2007).

Матричний підхід до визначення стратегії органічного розвитку запропонували зарубіжні вчені (Bender & Ward, 2012), які врахували особливості використання інструментів стратегічного менеджменту. Матрицю оцінки ризику при визначенні стратегічних напрямів розвитку фірми розробив американський вчений (Сох, 2008). Дослідник наголошував, що інтерпретація матриці залежить від особливостей галузі та підприємства, до якого вона застосовується. Матричний метод розподілу завдань і повноважень управління ризиками для різних організаційних структур запропоновано колективом дослідників (Федулова, Миколайчук & Джулай, 2018).

Матричний підхід застосовували вітчизняні вчені: для визначення позитивних і негативних змін фінансового стану підприємства (Юрчишена & Цимбал); для оцінки фінансового стану підприємства з використанням матриць балансів (Литвин, 2005); як інструмент стратегічного аналізу в системі стратегічного управлінського обліку (Чуприна & Рубан, 2017). Проте практичні аспекти використання матричного підходу щодо управління ефективністю діяльності підприємства, зокрема операційної, потребують подальшого дослідження.

Метою статті є пошук резервів ефективності функціонування вітчизняних переробних підприємств за допомогою аналітичних методів, зокрема матричного аналізу.

Матеріали і методи. Аналітичним інструментом виступає матричне моделювання як основа початкової інформації (на вході) й отримання інтегрального показника діяльності підприємства (на виході). Перевагою пропонованого підходу є можливість розгляду основних показників господарської діяльності, організованих за принципом: «ресурси–витрати–результати» в динаміці і взаємозв'язку шляхом побудови матриці.

Матричні моделі являють собою прямокутні таблиці (матриці), елементи яких відображають взаємозв'язки економічних об'єктів і володіють певним економічним змістом, значення якого обчислюється за встановленими в теорії матриць правилами (табл. 1).

Таблиця 1. Матрична модель оцінки діяльності підприємства
(Нейф & Дозорова, 2012)

Чисельник Знаменник	1. Показники результату (Пр)	2. Показники витрат (Пв)	3. Показники ресурсів (Прес)
1. Показники результату (Пр)	1. 1.Пр:Пр 1	1.2. Пв:Пр Закріпленість витрат за результатами	1.3. Прес:Пр закріпленість ресурсу за результатом (кількість ресурсу на 1 од результату)
2. Показники витрат (Пв)	2.1. Пр:Пв рентабельність витрат	2.2. Пв:Пв 1	2.3. Прес:Пв закріпленість ресурсу за витратами (кількість ресурсу на 1 од витрат)
3. Показники ресурсів (Прес)	3.1. Пр:Прес рентабельність ресурсів	3.2. Пв:Прес закріпленість витрат за ресурсами	3.3. Прес:Прес 1

Вихідним пунктом в обґрунтуванні науково-методичного підходу до оцінки діяльності (розвитку) підприємства є розробка системи показників, які будуть включені в матричну модель:

- показники, що характеризують результати діяльності (чистий дохід від реалізації товарів і послуг, прибуток від реалізації товарів і послуг);
- показники, що характеризують витрати (повна собівартість, фонд оплати праці);
- показники, що характеризують ресурси (чисельність працівників, середньорічна вартість оборотних активів, власний капітал, вартість майна, поточні зобов'язання).

Вибір показників залежить передусім від рівня управління і цілей. Якщо мета аналізу полягає у визначенні узагальнюючого показника оцінки економічної ефективності діяльності підприємства, то в сукупність вихідних даних слід включити всі основні показники, що впливають на результати господарської діяльності.

Для проведення оцінки діяльності підприємств використовуються матриці абсолютних значень за показниками базисного і звітного періодів, матриці відносних значень, де «вхід» — це різниця показників звітного і базисного періодів. Для порівняльної оцінки функціонування підприємств можна використовувати індексні матриці (матриці зростання), де «вхід» — це темп зміни обраних показників поточного року відносно базисного.

За групами цільових елементів (результати, витрати, ресурси) розраховується узагальнюючий індекс як середня з індексів, що входять у кожен з окремих цільових елементів, а саме:

- коефіцієнт взаємозв'язку між результатами господарської діяльності (K1), що показує наскільки прибутковою є робота підприємства;
- коефіцієнт перетворення ресурсів і витрат у кінцеві результати (K2), що характеризує середній рівень витрат на виробництво продукції;
- коефіцієнт взаємозв'язку витрат і ресурсів (K3), що показує співвідношення між різними елементами витрат на виробництво продукції.

Залежно від цілей аналізу діяльності підприємства (дослідження чинників, що сприяють підвищенню ефективності діяльності підприємств) сукупний індекс кожного з визначених показників (I_i) визначаємо як суму відповідного рядка матриці, а потім загальний індекс (I_z) як суму сукупних індексів визначених показників. Отримана сума характеризуватиме узагальнений індекс ефективності діяльності підприємства. Для обчислення вагомості кожного із досліджуваних показників (ω_i) знаходимо відношення сукупного індексу відповідного показника (I_i) до узагальненого індексу ефективності (I_z).

Викладення основних результатів дослідження. Матричний підхід стає популярним у західних дослідників менеджменту й вважається одним з найпоширеніших методів оцінювання якості діяльності підприємства. Початком появи матричного аналізу можна вважати 1960-і роки, коли підсилилася роль і значення стратегічного аспекту в діяльності підприємства (табл. 2).

Таблиця 2. Використання деяких матричних методів у дослідженнях діяльності організації (Ванькович, 2010)

Етап дослідження	Назва матричного методу	Напрямок і предмет матричного дослідження
1	2	3
Первинне дослідження	Матриця SWOT	Дослідження сильних і слабких сторін організації, можливостей і загроз
	Матриця вектора економічного розвитку	Дослідження статистичних даних організації
Дослідження ринку	Матриця М. Портера	Дослідження стратегічних перспектив розвитку діяльності організації
	Матриця BCG	Дослідження темпів росту ринку і відносної частки ринку організації
	Матриця GE	Дослідження порівняльної привабливості ринку і конкурентоспроможності організації
	Матриця ADL	Дослідження життєвого циклу галузі і відносного становища організації на ринку
	Матриця Hofer/Shendel	Дослідження становища організації стосовно конкурентів у галузі і стадії розвитку ринку
	Матриця еластичності конкурентної реакції на ринку	Дослідження дії організації за факторами конкурентоспроможності продукту залежно від еластичності реакції пріоритетного конкурента по продукту

1	2	3
Дослідження галузі	Матриця Купера	Дослідження привабливості галузі і сили бізнесу
	Матриця Shell/DPM	Дослідження привабливості ресурсомісткої галузі залежно від конкурентоспроможності
	Матриця основних форм об'єднань	Дослідження об'єднання в галузевому оточенні
Дослідження якості	Матриця «Якість/витрати»	Дослідження залежності якості від витрат
	Матриця «Ціна/якість»	Позиціонування продукту залежно від його якості і ціни
Дослідження стратегії розвитку організації	Матриця «Діагностика маркетингу»	Дослідження залежності стратегії від здійснення стратегії
	Матриця «Контакт/рівень пристосування послуг»	Дослідження залежності рівня пристосування послуг до вимог клієнтів від ступеня контакту з клієнтом
	Двофакторна матриця стратегічного планування	Дослідження залежності темпів розвитку ринку і цінності, яку додає канал
	Метод «Ланцюг цінностей»	Дослідження залежності маржі валового прибутку і реакції збуту у відповідь
	Матриця стратегії розширення марочних сімейств	Дослідження залежності відмінних переваг і сегментації цільового ринку

Перевагою цього методу є те, що він дає змогу досліджувати розвиток конкуренції в динаміці та приймати раціональні управлінські рішення на основі управління інформацією підприємств. Під матричним підходом розуміється узгоджене дослідження системи показників ефективності діяльності на основі матричної моделі з метою оперативної оцінки рівня ефективності, виявлення резервів і розробки заходів щодо їх реалізації (Усатий & Титаренко, 2016).

Система показників ефективності діяльності бізнес-структури будується у вигляді квадратної матриці. До основних правил, на підставі яких будується матриця, належать:

- показники (кінцеві параметри), що характеризують різні аспекти ефективності діяльності, повинні бути односпрямованими;
- початковими параметрами не можуть бути коефіцієнти;
- початкові параметри повинні бути доступними та вірогідними, тобто фіксуватися в документах.

Для того, щоб управлінську інформацію можна було ефективно використовувати в матричних методах та на основі їх використання приймати управлінські рішення, вона повинна відповідати визначеним критеріям, а саме:

- чіткість (інформація не повинна містити нічого зайвого);
- повнота (інформації повинно бути достатньо для зрозуміння ситуації та прийняття управлінського рішення);
- точність (користувач повинен бути впевненим, що інформація не містить помилок чи прогалин);
- правдивість (інформація не повинна спотворювати істини);
- оперативність (інформація повинна надходити саме в той момент, коли вона необхідна);

- своєчасність (інформація повинна зберігати актуальність у момент, коли вона стає доступною для використання);
- порівняльність (інформація повинна бути зіставною в розрізі часу та структур, яких вона стосується);
- доцільність (інформація повинна бути придатною для тієї цілі, для якої її підготували);
- рентабельність (витрати на пошук та підготовку інформації не повинні бути більшими ніж вигода від її використання);
- незаангажованість (інформація не повинна бути викривленою);
- доступність (інформація повинна бути доведена до відповідального виконавця у доступній формі) (Ванькович, 2010).

Переваги використання матриць в економіці полягають у тому, що оперуючи великим набором стратегічно важливих змінних, вони зазначають напрямок руху ресурсів. Також матриці дають змогу з мінімальними витратами праці й часу обробляти величезний і дуже різноманітний статистичний матеріал, різні вихідні дані, що характеризують рівень, структуру, особливості соціально-економічного комплексу (Усатий & Титаренко, 2016).

Матричний аналіз включає кількісні складники оцінки, зокрема методи парних порівнянь. Такий підхід може бути доповнений матрицею зростання, методика побудови якої запропонована А. С. Вартановим (Ванькович, 2010). Базою для побудови матриці зростання є темпи зростання протягом певного періоду вибраних для оцінювання економічних показників. Елементами матриці зростання є відносні показники, що є результатом ділення показників по кожному рядку матриці на показники кожного стовпця. Використання зазначених методів надає можливість найефективніше використати інструменти для аналізування інформації, яка повніше відбиває процеси саме поточного етапу функціонування організації.

Оцінка ефективності операційної діяльності підприємства — складне явище, саме тому система показників для здійснення аналізу ефективності операційної діяльності не є однаковою для всіх підприємств та може вибиратися керівництвом підприємства залежно від ряду параметрів, а саме: величина підприємства, галузь діяльності, політика управління підприємством форма власності (Лукасевич & Рожелюк, 2017). Аналіз літературних джерел дає підставу стверджувати, що не існує єдиного підходу до формування комплексної системи показників для проведення аналізу ефективності операційної діяльності підприємства. Найбільш поширені враховують:

- показники ефективності використання активів підприємства, що включають показники ефективності використання оборотних фондів (коефіцієнти оборотності оборотних коштів, дебіторської заборгованості, оборотності запасів; тривалість обороту дебіторської заборгованості, запасів, нормованого значення оборотних коштів) та показники ефективності використання основних фондів (фондовіддача активної частини основних фондів, фондомісткість чистої продукції, рентабельність основних фондів, енергоефективність, амортизаційна віддача, коефіцієнт залучення основних фондів до операційного процесу);
- показники ефективності використання ресурсів підприємства, що поєднують показники ефективності використання ресурсів праці (продуктивність праці,

продуктивність трудових ресурсів, рентабельність витрат на персонал, трудо-місткість продукції, зарплатомісткість продукції, частка приросту продукції за рахунок зростання продуктивності праці, випуск продукції на 1 грн фонду оплати праці, коефіцієнт ефективності використання робочого часу) та матеріальних ресурсів (матеріаломісткість продукції за видами матеріальних витрат, матеріало-віддача, витрати палива та енергії на 1 грн чистої продукції, економія матеріальних витрат та енергії тощо);

- показники ефективності операційної діяльності підприємства, що орієнтовані на досягнення певних цілей (виконання плану з обсягу товарної продукції, реалізованої продукції, обсягу доходу від основної діяльності, чистого прибутку від основної діяльності, рівень задоволення потреб ринку);

- узагальнюючі показники ефективності операційної (виробничої) діяльності, які характеризують рентабельність та продуктивність діяльності (Саричев, 2012).

Ми погоджуємося з тезою багатьох науковців щодо неможливості абсолютизувати будь-який з показників, за якими оцінюють функціонування підприємства.

Актуальною є теза В. В. Александрова, В. С. Курячого. (Александров & Курячий, 2015), М. П. Хохлова і С. В. Балаиков (Хохлов & Балаиков, 2012), що для вітчизняних підприємств найбільш оптимальним є матричний підхід аналізу ефективності операційної діяльності підприємства. На думку вчених, зазначений підхід умовно можна поділити на п'ять блоків: дохід (виторг) від реалізації продукції; витрати; прибуток від операційної діяльності; власний капітал; вартість майна. На нашу думку, запропоновану систему показників комплексної оцінки ефективності операційної діяльності вітчизняних переробних підприємств варто розширити блок «Ресурси» показником середньооблікова чисельність штатних працівників (табл. 3).

Таблиця 3. Показники ефективності операційної діяльності ПП Фірма «Гармаш»

Показники	Роки		Індекси
	2018 р.	2019 р.	
Фінансовий результат від операційної діяльності, тис. грн	-448,7	450,9	2
Чистий дохід від реалізації продукції (робіт, послуг), тис. грн	34697	62533	1,80226
Повні витрати на виробництво та реалізацію продукції, тис. грн	33688,3	51393	1,52554
Середньооблікова чисельність штатних працівників, осіб	182	202	1,10989
Власний капітал, тис. грн	17791,8	37721,3	2,12015
Вартість майна, тис. грн	33220,4	68836,1	2,0721

Примітка: розрахунки здійснені на підставі фінансової звітності підприємства.

Використання фінансової звітності підприємства надає можливість здійснити комплексний аналіз ефективності його операційної діяльності, користуючись методом парних порівнянь:

- обчислюємо індекси запропонованих показників, що характеризують ефективність операційної діяльності підприємства звітного та попереднього років (табл. 3);

- формуємо матрицю ефективності операційної діяльності підприємства — елементами матриці зростання є відносні показники, що є результатом ділення показників по кожному рядку матриці на показники кожного стовпця (табл. 4);
- обчислюємо сукупний індекс по кожному показнику (I_i) та загальний індекс (I_3);
- розраховуємо вагомості досліджуваних показників (ω_i) як відношення сукупного індексу кожного показника (I_i) до загального індексу ефективності (I_3). Для аналізованого підприємства ПП Фірма «Гармаш» найбільший вплив на результат операційної діяльності здійснює показник, який належить до блоку «Ресурс» (середньооблікова чисельність працівників), для якого $\omega_i = 0,27$.

Таблиця 4. Матриця індексів ефективності операційної діяльності ПП Фірма «Гармаш»

	Фінансовий результат від операційної діяльності	Дохід від реалізації продукції	Витрати операційної діяльності	Власний капітал	Вартість майна	Середньооблікова чисельність працівників	Сукупний індекс (I_i)	Вагомість (ω_i)
Фінансовий результат від операційної діяльності	1	0,90	0,75	1,05	1,01	0,55	4,26	0,14
Дохід від реалізації продукції	1,11	1	0,83	1,17	1,12	0,61	4,84	0,15
Витрати операційної діяльності	1,00	1,20	1	1,40	1,34	0,73	5,67	0,18
Власний капітал	0,94	0,85	0,51	1	0,96	0,52	3,79	0,12
Вартість майна	1,00	0,90	0,75	1,04	1	0,55	4,23	0,14
Середньо-облікова чисельність працівників	1,80	1,62	1,35	1,89	1,81	1	8,48	0,27
Загальний індекс (I_3)							31,26	1

Примітка: розрахунки здійснені на підставі фінансової звітності підприємства.

Рівень ефективності операційної діяльності фірми розраховується як відношення суми індексів зміни запропонованих показників до їх кількості. Якщо отриманий результат більше одиниці, операційна діяльність вважається ефективною. Це дійсно для виконаних розрахунків, тобто операційну діяльність аналізованого м'ясопереробного підприємства можна вважати ефективною.

В аналогічний спосіб досліджено ефективність операційної діяльності підприємства ТОВ «Старокостянтинівцукор». Використовуючи звітність підприємства, визначено зміну обраних показників (табл. 5).

Таблиця 5. Показники ефективності операційної діяльності підприємства ТОВ «Старокостянтинівцукор» у 2018—2019 рр.

Показники	Роки		Індекси
	2018 р.	2019 р.	
Фінансовий результат від операційної діяльності, тис. грн	-12576	-13689	1,09
Чистий дохід від реалізації продукції (робіт, послуг), тис. грн	275566	256633	0,93
Повні витрати на виробництво та реалізацію продукції, тис. грн	222240	241598	1,09
Середньооблікова чисельність штатних працівників	245	244	0,99
Власний капітал, тис. грн	158168	142286	0,90
Вартість майна, тис. грн	467533	492810	1,05

Примітка: розрахунки здійснені на підставі фінансової звітності підприємства.

Результати вагомості кожного з указаних показників наведено в табл. 6.

Таблиця 6. Матриця індексів ефективності операційної діяльності підприємства ТОВ «Старокостянтинівцукор» за 2018—2019 рр.

Індекси показників	Фінансовий результат від операційної діяльності	Дохід від реалізації продукції	Витрати операційної діяльності	Власний капітал	Вартість майна	Середньо-облікова чисельність працівників	Сукупний індекс	б _і
Фінансовий результат від операційної діяльності	1	0,85	1,00	0,83	0,96	0,91	4,55	0,15
Дохід від реалізації продукції	1,17	1	1,17	0,97	1,13	1,06	5,51	0,18
Витрати операційної діяльності	1,00	0,85	1	0,83	0,96	0,91	4,55	0,15
Власний капітал	1,21	1,03	1,21	1	1,17	1,10	5,72	0,19
Вартість майна	1,04	0,89	1,04	0,86	1	0,94	4,76	0,16
Середньо-облікова чисельність працівників	1,10	0,94	1,10	0,91	1,06	1	5,11	0,17
Загальний індекс (Із)							30,20	1

Примітка: розрахунки здійснені на підставі фінансової звітності підприємства.

За отриманими результатами найбільший вплив на ефективність операційної діяльності ТОВ «Старокостянтинівцукор» має власний капітал, для якого б_і = 0,19. На думку вітчизняних дослідників (Бражник, Ралко, Яловега & Завалевська, 2013), підприємство може функціонувати на основі власних ресурсів, якщо їхня питома вага становить не менше 75%, проте у 2019 р. частка власного капіталу ТОВ «Старокостянтинівцукор» становила 29%. Основним джерелом фінансових ресурсів цукрових заводів є позикові кошти й лише підприємства

цукрової промисловості Полтавщини характеризуються найбільшою часткою власного капіталу, що коливається в межах 30,1—54,2% (Мазур, 2014). Актуальним для цукрових підприємств стає зміна обсягу власного капіталу відповідно до моделі оптимізації джерел формування фінансових ресурсів підприємства.

Висновки

Як інструмент прийняття управлінського рішення щодо ефективності операційної діяльності підприємства запропоновано матричний підхід. Використання цього підходу дало змогу визначити найбільш впливовий показник у запропонованій системі комплексної оцінки, а також швидко оцінювати ефективність діяльності підприємства. Матричні підходи можуть бути використані як окремі дієві прийоми опрацювання інформації з метою прийняття управлінських рішень та як елементи інформаційної системи управління функціонуванням підприємства. Перспективою подальших досліджень є прогнозування рівня ефективності функціонування підприємств з урахуванням ступеня впливу найбільш значущих показників, що були ідентифіковані за допомогою матричного методу — ефективність використання трудових ресурсів та власного капіталу.

Література

- Александров В. В., Курячий В. С. (2015). Формування системи показників оцінки ефективності операційної діяльності підприємства. *Технічний прогрес та ефективність виробництв, Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*, 59, 105—108.
- Бражник Л. В., Ралко І. О., Яловега В. О., Завалевська В. О. (2013). Джерела фінансування господарської діяльності підприємств. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*, 1(6), 57—62.
- Ванькович Л. Я. (2010). Теоретико-концептуальні засади застосування матричних методів в управлінні інформацією підприємств. *Менеджмент, Видавництво національного університету «Львівська політехніка»*, 691, 35—40.
- Литвин М. І. (2005). Применение матричных балансов для оценки финансового состояния. *Финансы*, 3, 21—30.
- Лукашевич П. А., Рожелюк В. М. (2017). Особливості формування системи показників для здійснення аналізу ефективності операційної діяльності підприємства. Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Облік, оподаткування і контроль: теорія та методологія». Тернопіль, ТНЕУ.
- Мазур О. В. (2014). Особливості формування фінансових ресурсів підприємств цукрового виробництва. Матеріали V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми ринку та розвитку регіонів України в XXI столітті» Одеса, ОНПУ.
- Нейф Н. М., Дозорова Н. А. (2012). Оценка ресурсного потенциала предприятия на основе матричной модели. *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса*, 1(25), 1—9.
- Саричев Д. О. (2012). Управління ефективністю операційної діяльності підприємства. *Ефективність функціонування та економічний розвиток підприємства. Стратегія економічного розвитку України*, 30, 136—143.
- Семенов А. Г. (2008). Матрица фінансових стратегій. *Вісник економічної науки України*, 2, 139—146.
- Усатий В. С., Титаренко Н. Є. (2016). Матричний метод при моделюванні задач економіки. *Інформаційні технології в освіті та науці*, 8, 305—308.
- Федулова І. В., Миколайчук І. П., Джулай М. В. (2017). Матричний підхід до організації системи управління ризиками на підприємстві. *Інформаційні технології та економічна безпека, Інноваційна економіка*, 9—10, 204—208.

Хохлов М. П., Баликов С. В. (2012). Визначення показників для оцінки ефективності діяльності підприємства. *Технічний прогрес та ефективність. Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*, 5, 67—72.

Чуприна Л. В., Рубан Л. О. (2017). Матричне моделювання як інструмент стратегічного аналізу в системі стратегічного управлінського обліку. *Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці, Актуальні проблеми економіки*, 1(187), 409—417.

Юрчишена Л. В., Цимбал Н. В. (2013). Застосування матричного підходу до оцінки фінансової стійкості підприємства. *Статистика, облік, аналіз та аудит, Інноваційна економіка*, 10, 147—152.

Яцкевич І. В. (2015). Економічна діагностика: навч. посіб. Одеса: ФОП Бондаренко М. О.

Bender R., Ward K. (2012) Corporate financial strategy. *Routledge*, London.

Calandro Jr. J., Flynn R. (2007). On financial strategy. *Business Strategy Series*, 8(6), 409—417.

Cox L. A. Jr. (2008). What's wrong with risk matrices? *Risk Analysis: An International Journal*, 28(2), 497—512.

COMPUTERIZATION OF ECONOMIC CALCULATIONS IN MANAGEMENT

N. Skopenko, I. Yevsieieva-Severyna

National University of Food Technologies

Key words:

Economic analysis
Automation
Computerization
Information
Analytical procedures
Information and computer
technology

Article history:

Received 03.03.2021
Received in revised form
17.03.2021
Accepted 31.03.2021

Corresponding author:

N. Skopenko

E-mail:

skopnata67@gmail.com

ABSTRACT

The article is devoted to the study of the peculiarities of using the computer analytical procedures and information technology in the processing of economic information in the enterprise management system in modern economic conditions. The research is based on the dialectical method of knowledge, comprehensive and systematic approaches. The main stages of development of automation of economic analysis are: the stage of elementary calculation inventions (1874—1917); the stage of mechanization of the process of collecting and processing of accounting information (1917—1945); the theoretical and methodological stage (1945—1950); the practical stage (50-60s of the XX century); the stage of beginning of accounting work automation (60—70s of the XX century); the stage of computer-assisted performance analysis (80s of the XX century); the stage of developing analytical software (90s of the XX century) and the stage of improving analytical software capabilities (end of 90s of the XX century and up to the present day) are considered.

It was proved that the desire to improve the efficiency and effectiveness of enterprise management systems had necessitated the use of modern information and computer technology for economic analysis. In modern conditions of informatization of society information support of enterprise management system is being improved. The main approaches to the computerization of economic analysis were considered: module of complex program of enterprise management automation; separate program of economic analysis automation; calculated tables in Microsoft Excel; complex of computer programs for economic analysis in the implementation of control activities. It was proved that the implementation of modern information and computer technology helps to expand the functionality of economic analysis by providing a system of analysis of input information and increasing the speed of its processing, combining the processing of input data with the process of making management decisions. It gives an opportunity to solve analytical problems directly at the workplace and make the right decisions.

КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЯ ЕКОНОМІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ В УПРАВЛІННІ

Н. С. Скопенко, І. В. Євсєєва-Северина

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено особливості застосування комп'ютерних аналітичних процедур і використання інформаційних технологій при обробці економічної інформації в системі управління підприємством у сучасних умовах господарювання. В основу дослідження покладено діалектичний метод пізнання та комплексний і системний підходи. Розглянуто основні етапи розвитку автоматизації економічного аналізу: етап елементарних розрахункових винаходів (1874—1917 рр.); етап механізації процесу збору й обробки облікової інформації (1917—1945 рр.); теоретико-методичний етап (1945—1950 рр.); практичний етап (50—60-і рр. ХХ ст.); етап початку автоматизації облікової роботи (60—70-і рр. ХХ ст.); етап відокремлення аналізу ефективності діяльності з використанням комп'ютера (80-і рр. ХХ ст.); етап розробки аналітичних програм (90-і рр. ХХ ст.) та етап удосконалення аналітичних можливостей програмного забезпечення (кінець 90-х рр. ХХ ст. і донині).

Доведено, що прагнення до підвищення дієвості та ефективності систем управління підприємством зумовили необхідність застосування сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій для проведення економічного аналізу. У сучасних умовах інформатизації суспільства вдосконалюється інформаційне забезпечення системи управління підприємством. Розглянуто основні підходи до комп'ютеризації проведення економічного аналізу: з використанням модуля комплексної програми автоматизації управління підприємством; за допомогою окремої програми автоматизації економічного аналізу; шляхом застосування комплексу розрахункових таблиць, виконаних у Microsoft Excel; на основі комплексу комп'ютерних програм для проведення економічного аналізу при здійсненні контрольної діяльності. Обґрунтовано, що впровадження сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій сприяє розширенню функціональних можливостей економічного аналізу за рахунок забезпечення системи аналізу оперативною вхідною інформацією та підвищення швидкості її обробки, поєднання процесу обробки вхідних даних з процесом прийняття управлінських рішень, надає можливість вирішувати аналітичні завдання безпосередньо на робочому місці аналітика, а також приймати обґрунтовані управлінські рішення на основі отриманої інформації.

Ключові слова: економічний аналіз, автоматизація, комп'ютеризація, інформація, аналітичні процедури, інформаційно-комп'ютерні технології.

Постановка проблеми. Економічний аналіз є важливою складовою ефективного планування та управління господарською діяльністю підприємства, дієвим засобом виявлення внутрішньогосподарських резервів, основою розробки науково обґрунтованих управлінських рішень.

Організація та проведення економічного аналізу в сучасних умовах потребує його комп'ютеризації, що обумовлено значними обсягами вхідної інформації; необхідністю постійної акумуляції та інтерпретації економічної інформації в аналітичну та вчасним її наданням для прийняття обґрунтованих управлінських рішень; різноманітністю поставлених завдань, вирішення яких направлене на ефективне планування й управління діяльністю суб'єкта господарювання в ринкових умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням розвитку інформаційних комп'ютерних технологій, особливостям застосування комп'ютерних аналітичних процедур і використання інформаційних технологій при обробці економічної інформації присвячені дослідження багатьох зарубіжних та вітчизняних науковців.

Розвиток і впровадження комп'ютерів суттєво вплинули на економіку. Комп'ютери радикально змінили економічну практику. Обчислення на ручному або настільному калькуляторі поступилися місцем написанню коду, перфорації карт і введенню даних. Години очікування мейнфреймів для виконання програм, потім читання і малювання результатів вручну в 1970-х роках — все, що тепер виконується програмним забезпеченням на ПК за декілька секунд. Розвиток інформаційних комп'ютерних технологій надав економістам нові методи (моделювання, машинне навчання, алгоритми зіставлення). Саме тому дослідники пояснюють, що комп'ютеризація призвела до «процвітання бізнесу» (Stevenson & Wolfers, 2012) в емпіричній економіці або тенденції «від теорії до даних» (Fox, 2016).

Історик економіки (Beatrice, 2016) розглядає хронологію комп'ютеризації економічних розрахунків, основних методів і моделей із 30-х років XX ст. по теперішній час.

Вплив комп'ютеризації на розвиток теоретичної та прикладної економіки досліджено в (Backhouse & Beatrice, 2017). Автори стверджують, що досягнення в галузі комп'ютерного обладнання, безсумнівно, були необхідні, і їх було достатньо для забезпечення значних змін у практиці економістів, але для пояснення того, як і чому змінилася економіка, необхідно враховувати й інші фактори.

Різноманітні аспекти досліджуваної проблеми розглянуто в працях вітчизняних науковців:

- визначено особливості застосування комп'ютерних технологій в економічному аналізі вітчизняних підприємств (Гладчук, 2013);

- розкрито теоретичні та практичні аспекти застосування інформаційних комп'ютерних технологій в практиці бухгалтерського обліку та економічного аналізу, наведено підходи до формування інформаційної бази економічного аналізу (Паюсова & Кухаренко, 2007);

- досліджено особливості застосування сучасних комп'ютерних технологій для аналітичної роботи в системі управління діяльністю суб'єкта господарювання залежно від розмірів підприємства (Олійник & Євдокимов, 2010);

- вивчено розвиток інформаційних технологій для проведення аналізу на підприємстві, визначено завдання і принципи організації аналітичного процесу в умовах функціонування автоматизованої системи обробки інформації, наведено

основні показники ефективності автоматизації аналізу та визначення величини річної економії за рахунок удосконалення управління при використанні інформації в умовах автоматизації економічного аналізу та зменшення витрат на обробку інформації (Шурпенкова, 2014);

- відзначено переваги виділення комп'ютеризованої системи економічного аналізу в підсистему комплексної автоматизації управління підприємством; визначено вимоги до програмного забезпечення аналізу шляхом зіставлення різноманітних аналітичних програм та можливості використання в діяльності конкретного підприємства (Райковська, 2009).

Дослідники (Демиденко & Мунтян, 2017) відзначають особливості організації економічного аналізу в умовах реалізації сучасних комп'ютерних технологій, обґрунтовують необхідність застосування оптимального сучасного програмного забезпечення для комп'ютеризації економічного аналізу (Трачук & Синькевич, 2017) та доводять, що за допомогою застосування сучасних інформаційних технологій в управлінні організації бізнес трансформується в нову бізнес-модель та отримує значні ефекти (Струтинська, 2019).

Мета дослідження: визначення сучасних підходів до комп'ютеризації економічних розрахунків, особливостей застосування комп'ютерних аналітичних процедур і використання інформаційних технологій при обробці економічної інформації в системі управління підприємством в сучасних умовах господарювання.

Матеріали і методи. В основу дослідження покладено діалектичний метод пізнання та комплексний і системний підходи. Історичний метод використаний при дослідженні основних етапів розвитку автоматизації економічного аналізу. Загальнонаукові методи: аналіз, синтез, індукція і дедукція слугували базисом для виявлення особливостей комп'ютеризації проведення економічного аналізу, а деталізація й узагальнення — для виявленні характерних особливостей застосування інформаційно-комп'ютерних технологій в системі управління підприємством у сучасних умовах та висновків.

Викладення основних результатів дослідження. Прагнення до підвищення дієвості та ефективності систем управління підприємством зумовили необхідність розробки сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій для проведення економічного аналізу.

Застосування сучасних комп'ютерних технологій для автоматизації аналітичних процедур передбачає (Гладчук, 2013):

- забезпечення аналізу впливу на досліджуваний об'єкт різноманітних чинників, що сприяє підвищенню обґрунтованості управлінських рішень на основі результатів аналізу;

- підвищення достовірності отриманих результатів фінансово-економічного аналізу;

- створення можливостей для проведення комплексних аналітичних досліджень, що пов'язане з оперативною обробкою великих масивів вхідної аналітичної інформації;

- підвищення системності економічного аналізу, що обумовлене необхідністю чіткого визначення та формалізації аналітичних завдань при їх розв'язанні в автоматичному режимі.

Основні етапи розвитку автоматизації економічного аналізу (Гладчук, 2013; Райковська, 2009; Соколова, 2002; Beatrice, 2016):

- етап елементарних розрахункових винаходів (1874—1917 рр.) (арифмометр, машини для додавання та віднімання) — початок впровадження автоматичних систем у діяльність суб'єктів господарювання;

- етап механізації процесу збору та обробки облікової інформації (1917—1945 рр.) — створення машинообчислювальних станцій, використання клавішних і перфораційних обчислювальних машин;

- теоретико-методичний етап (1945—1950 рр.) — створення теоретичних концепцій і методичних підходів здійснення процесу обліку, аналізу та планування, використання математичних методів в економіці;

- практичний етап (50—60-і рр. XX ст.) — інформаційне забезпечення процесу управління підприємством; впровадження в систему організації бухгалтерського обліку рахункових машин (з ручним та автоматичним вводом вихідних даних), створення на великих промислових підприємствах обчислювальних центрів, головною функцією яких є інформаційне забезпечення процесу виробництва та управління; розвиток і практичне застосування універсальних (швидкодіюча електронна розрахункова машина «Стрела») та спеціалізованих електронно-обчислювальних машин (ЕОМ);

- етап початку автоматизації облікової роботи (60—70-і рр. XX ст.) — формування комплексних підсистем економічного аналізу, що передбачали здійснення комплексного аналізу господарської діяльності;

- етап відокремлення аналізу ефективності діяльності з використанням комп'ютерів (80-і рр. XX ст.) — виділення основних напрямів інтегральної автоматизації аналітичних розрахунків: організація та використання автоматизованого банку даних для вирішення завдань комплексного економічного аналізу; інтеграція процесів формування й обробки аналітичної інформації; створення та використання пакетів прикладних програм в аналізі господарської діяльності;

- етап розробки аналітичних програм (90-і рр. XX ст.) — створення систем, здатних функціонувати в середовищі локальних обчислювальних сіток, поява спеціалізованого програмного забезпечення (розробники — закордонні та вітчизняні корпорації SAP SE, Oracle Corporation, Infor, Microsoft, IFS «Галактика», «Парус», «Інфософт», «ІNEC», «Про-Івест-Консалтинг», «АіТі», «ІС», IT-Enterprise, СофтПро, «Бізнес Сервіс», «Інтелект-Сервіс», Intecracy Base, «ЛАНІТ» та низка інших);

- етап удосконалення аналітичних можливостей програмного забезпечення (кінець 90-х рр. XX ст. і донині) — розширення та деталізація можливостей аналітичних програм.

У сучасних умовах господарювання удосконалення інформаційного забезпечення систем планування та управління підприємством має два вектори розвитку (Бутко, 2012):

1) удосконалення засобів пошуку, збору, збереження та розповсюдження інформації (комп'ютеризація системи бухгалтерського обліку й звітності);

2) покращання процесу сприйняття, обробки та створення інформації, що сприяє підвищенню інтелектуального потенціалу суспільства, включаючи створення штучного інтелекту (комп'ютеризація, інтелектуалізація економічного аналізу та управління підприємством).

Методика проведення економічного аналізу на основі використання сучасних комп'ютерних технологій повинна відповідати вимогам комплексності, системності, оперативності, прогресивності, динамічності, точності пізнання досліджуваного об'єкта, тенденцій і закономірностей його зміни та розвитку.

Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій сприяє розширенню функціональних можливостей економічного аналізу завдяки забезпеченню системи аналізу оперативною вхідною інформацією та підвищенню швидкості її обробки. Використання комп'ютерних технологій при проведенні економічного аналізу забезпечує дві основні переваги: поєднання процесу обробки вхідних даних з процесом прийняття управлінських рішень і можливість вирішувати аналітичні завдання безпосередньо на робочому місці аналітика (Гладчук, 2013; Райковська, 2009).

У сучасних умовах комп'ютеризація проведення економічного аналізу можлива (Автоматизація обліку, 2021; Информационные системы, 2021; Райковська, 2009):

1. *За допомогою модуля комплексної програми автоматизації управління підприємством.* Розробники програмних продуктів пропонують комплексні програми автоматизації управління підприємством, де вирішуються завдання автоматизації як економічного аналізу, так і бухгалтерського обліку, маркетингу, логістики, аудиту тощо. Наприклад, «Управління виробничим підприємством для України» — унікальне комплексне рішення для управління бізнесом, розроблене відповідно до концепції ERP (Enterprise Resource Planning — управління ресурсами підприємства). За 10 років прикладне рішення встановлено більш ніж в півтори тисячі підприємств. У найбільших провадженнях в Україні автоматизовано до 1000 робочих місць, при введенні на малих і середніх виробничих підприємств, зазвичай, автоматизується 10—20 робочих місць.

2. *За допомогою окремої програми автоматизації економічного аналізу.* Перелік програмних продуктів, які забезпечують автоматизацію лише фінансово-економічного аналізу, з кожним роком зростає та розширюються їх функціональні можливості, що зумовлюється потребами суб'єктів господарювання в об'єктивній оцінці господарської діяльності для обґрунтування оптимальних управлінських рішень у динамічному ринковому середовищі. Програмні продукти, представлені на ринку (програмні комплекси серії «ІНЕС-Аналітик» — «Фінансовий аналітик», «Бізнес-аналітик», «Кредитний аналітик»; «Про-Інвест», «Audit Expert» тощо), надають можливість комплексного проведення як ретроспективного, так і прогностичного економічного аналізу; створюють можливості для розробки бізнес-планів та інвестиційних проектів, ефективної їх оцінки за допомогою груп показників (показники ефекту: чиста вартість, Net Value — NV; чиста теперішня вартість, Net Present Value — NPV; показники дохідності: облікова норма дохідності, Accounting Rate of Return — ARR; індекс прибутковості, Profitability Index — PI; внутрішня норма дохідності, Internal Rate of Return — IRR;

модифікована внутрішня норма дохідності, Modified Internal Rate of Return — MIRR; показники терміну окупності: термін окупності, Payback Period — PP; дисконтований термін окупності, Discounted Payback Period — DPP) за різного рівня ризику і схем погашення кредитів.

3. *За допомогою комплексу розрахункових таблиць, виконаних у Microsoft Excel*, що дає змогу інтегрувати в систему планування та управління будь-яку методику проведення економічного аналізу та/або реалізувати власну методику проведення аналізу на основі розробленої вихідної системи показників. Використання електронних таблиць Microsoft Office Excel пов'язано з широкими можливостями проведення економічного аналізу (імпорт зовнішніх даних із текстових документів, з web-документів, з MS Access; формування великих масивів інформації (баз даних); швидкий пошук і здійснення підрахунків на основі групування за допомогою реалізованого механізму автофільтрації; перевірка даних та їх консолідація і багато інших можливостей). Для більш ефективної роботи з електронними таблицями MS Excel для реалізації аналітичних процедур у редакторі можна використовувати мову програмування Visual Basic for Applications, яка дає змогу легко та швидко створювати різноманітні додатки, не маючи спеціальних знань у сфері програмування. Це є прийнятним для малих підприємств, оскільки відповідає комерційним вимогам, зокрема, невисока вартість програмного продукту, його впровадження та супроводу.

4. *За допомогою комплексу комп'ютерних програм для проведення економічного аналізу при здійсненні контрольної діяльності*, які орієнтовані на аналіз фінансового стану підприємства, вироблення стратегічних і тактичних рішень управління підприємством, забезпечують проведення безпосередньо фінансового аналізу за різними методиками, дають змогу розрахувати значну кількість економічних показників, скласти й аналізувати бізнес-плани.

Отже, комп'ютеризація економічного аналізу із застосуванням сучасних програмних продуктів забезпечує:

- підвищення системності аналізу, що сприятиме усуненню дублювання аналітичних завдань, а також більш чіткому визначенню обсягу та якісного складу інформаційної бази економічного аналізу;
- розширення напрямів реалізації аналітичних досліджень (використання комп'ютерних технологій уможливить проведення оперативного і ситуаційного аналізу, а також багатоваріантного прогностичного аналізу);
- своєчасне і повне задоволення обчислювальних та інформаційних потреб при проведенні аналізу;
- проведення комплексних аналітичних досліджень, які передбачають оперативну обробку великих масивів вхідної аналітичної інформації;
- представлення вхідної інформації та результатів аналітичних досліджень господарської діяльності підприємства у табличній і графічній формах;
- коригування методики розрахунків і форм відображення кінцевого результату аналізу;
- повторення процесу вирішення завдання з будь-якої довільно заданої точки (стадії) розрахунку;
- оптимізацію зберігання і багаторазове використання отриманих даних та результатів аналітичних досліджень;

- мінімізацію часу відповіді на аналітичні запити; можливість роботи в мережі; спрощення діалогу в системі людина-машина.

Висновки

У сучасних умовах інформатизації суспільства відбувається удосконалення інформаційного забезпечення системи управління підприємством. Впровадження сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій сприяє розширенню функціональних можливостей економічного аналізу та дає змогу приймати обґрунтовані управлінські рішення на основі отриманої інформації. Прискорення обробки інформації та систематизація аналітичних розрахунків сприяє вчасному коригуванню дій у разі необхідності, забезпечує швидку реакцію підприємств на виклики сьогодення.

У подальших дослідження вважаємо необхідним проведення аналізу використання різних інформаційно-комп'ютерних технологій на підприємствах харчової промисловості, враховуючи їх розміри, рівень розвитку тощо. Такий поділ сприятиме виявленню можливостей підприємств щодо впровадження різного роду інформаційних систем та аналізу переваг їх застосування.

Література

Автоматизація обліку. (2021). Аудит консалтинг центр. Офіційний сайт. Взято з: <http://www.audit-centr.com.ua/tipovi-programi/#4>.

Бутко А. (2012). *Теорія економічного аналізу*. Київ: КНТЕУ.

Гладчук О. (2013). Особливості застосування сучасних комп'ютерних технологій в економічному аналізі. *Інноваційна економіка*, 10, 167—174.

Демиденко С., Мунтян М. (2017) *Особливості організації економічного аналізу в умовах реалізації сучасних комп'ютерних технологій*. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Облік, контроль і аналіз в управлінні підприємницькою діяльністю». Черкаси: ЧДТУ. Взято з <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/1532/1/%D0%97%D0%B1.%20%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B82017%20%281%29.pdf>.

Информационные системы финансовой направленности. Взято з: <http://project93012.tilda.ws/>.

Паюсова В., Кухаренко І. (2007). Теоретичні та практичні аспекти застосування інформаційних технологій в економічному аналізі. Взято з http://vlp.com.ua/files/06_31.pdf.

Райковська І. (2009). Модульна структура системи комп'ютеризації економічного аналізу: функціональний склад. *Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу*, 1(13), 339—360.

Соколова Г. (2002). *Информационные технологии экономического анализа*. Москва: Экзамен.

Стругинська І. (2019). *Особливості використання цифрових технологій в процесі трансформації бізнес-процесів організації*. Матеріали VIII-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції пам'яті почесного професора ТНТУ, академіка НАН України М. Г. Чумаченка «Інновації: аспекти управління, виробництва, сфери обслуговування». Тернопіль: ТНТУ.

Трачук І., Синькевич Н. (2016). *Програмне забезпечення для комп'ютеризації економічного аналізу*. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». Тернопіль: ТНТУ.

Шурпенкова Р. (2014). Інформаційні технології для проведення економічного аналізу на підприємстві. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України. Проблеми інтеграції України у світовий фінансовий простір*, 1(105), 433—440.

Beatrice C. (2016). The computerization of economics: a chronology (in progress). Взято з <https://beatricecherrier.wordpress.com/2016/02/07/the-computerization-of-economics-a-chronology-in-progress/>.

Backhouse R., Beatrice C. (2017). “It’s Computers, Stupid!” The Spread of Computers and the Changing Roles of Theoretical and Applied Economics. *History of Political Economy*, 49, 103—126.

Stevenson B., Wolfers J. (2012). Business Is Booming in Empirical Economics Взято з <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2012-08-06/business-is-booming-in-empirical-economics>.

Fox J. (2016). How Economics Went From Theory to Data Взято з <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2016-01-06/how-economics-went-from-theory-to-data>.

WELLBEING-TECHNOLOGIES IS A NEW DIRECTION IN THE DEVELOPMENT OF PERSONNEL MANAGEMENT OF THE COMPANIES OF FOOD INDUSTRY

O. Dragan

National University of Food Technologies

Key words:

*Wellbeing technologies
Personnel management
Employee welfare
Occupational stress
Pandemic conditions
Company
Food industry*

Article history:

Received 18.03.2021
Received in revised form
01.03.2021
Accepted 13.04.2021

Corresponding author:

O. Dragan

E-mail:

eidragan@ukr.net

ABSTRACT

The question of wellbeing-technologies application in the personnel management of companies of food industry with the aim of increasing their efficiency and effectiveness is considered in the article.

Events, which must provide prosperity of employees and increase their life's qualities that bring changes in the different spheres of vital functions: comfort in the workplace, healthy way of life and food, sport, prophylaxis of illness, psychological state and stress management, consultations of wellbeing-stress coaches for workers, financial prosperity, balance of work and personal life were proved. Successful introduction of wellbeing-technologies in personnel management of well-known companies of Google, Johnson & Johnson, Next Jump, Buffer, Chesapeake Energy, Accenture, Facebook, that combines with their financial achievements and development was analyzed. The spheres of activity which care of health and prosperity of workers were investigated.

Initial development of introduction the elements of wellbeing-technologies in the domestic companies of food industry — Kernel, Danone, Hlobino, MHP and Obolon was analyzed. Modern reasons of increasing the stress level in the companies of food industry which are related to the terms of pandemics, insufficient motivation and development of personnel was investigated.

Generalization of approaches to the application of wellbeing-technologies in the companies' activity in the conditions of pandemic was justified. Further perspective development of wellbeing-technologies in the personnel management of domestic companies is directly related to the realization of the principles of corporate social responsibility and introduction of standard of State Standard of Ukraine ISO 45001:2019 "System of management of health protection and labour safety" is described in the article.

WELLBEING-ТЕХНОЛОГІЇ — НОВИЙ НАПРЯМОК У РОЗВИТКУ МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРСОНАЛУ КОМПАНІЙ ХАРЧОВОЇ ГАЛУЗІ

О. І. Драган

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена питанню застосування wellbeing-технологій у менеджменті персоналу компаній харчової галузі з метою підвищення їхньої ефективності та результативності. Новий формат відносин у компаніях позиціонує благополуччя працівників — wellbeing-технології як фундамент, на якому базується розвиток, продуктивність і фінансова успішність. Зокрема, в менеджменті персоналу з'явилися нові напрямки розвитку: благополуччя співробітників — wellbeing-management, і управління стресом або вигоранням — anti-burnout-management.

Обґрунтовано заходи, які мають забезпечити благополуччя співробітників та підвищення якості їхнього життя, що вносять зміни в різні сфери життєдіяльності: комфорт на робочому місці, здоровий спосіб життя і харчування, спорт, профілактика хвороби, психологічний стан і управління стресом, консультації wellbeing-коучів для працівників, фінансове благополуччя, баланс роботи й особистого життя.

Проаналізовано успішне впровадження wellbeing-технологій у менеджменті персоналу відомих компаній Google, Johnson & Johnson, Next Jump, Buffer, Chesapeake Energy, Accenture, Facebook, що поєднується з їхніми фінансовими здобутками та розвитком. Визначено сфери діяльності, в яких найбільше піклуються про здоров'я та благополуччя працівників.

Проаналізовано початковий розвиток впровадження елементів wellbeing-технологій у вітчизняних компаніях харчової галузі — «Кернел», «Данон», «Глобіно», МХП і «Оболонь». Досліджено сучасні причини підвищення рівня стресу в компаніях харчової галузі, які пов'язані з умовами пандемії, недостатньої мотивації та розвитку персоналу.

Узагальнено підходи до застосування wellbeing-технологій у діяльності компаній в умовах пандемії. Обґрунтовано, що подальший перспективний розвиток wellbeing-технологій у менеджменті персоналу вітчизняних компаній безпосередньо пов'язаний з реалізацією принципів корпоративної соціальної відповідальності та впровадженням стандарту ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці».

Ключові слова: wellbeing-технології, менеджмент персоналу, благополуччя працівників, професійний стрес, умови пандемії, компанія, харчова галузь.

Постановка проблеми. Умови життя у світі визначаються як VUCA (volatility, uncertainty, complexity, ambiguity — нестабільність, невизначеність, складність, неоднозначність), де майбутнє нескінченно невизначене, тому зростає потреба у реалізації нового напрямку менеджменту персоналу — wellbeing-

технології. У широкому контексті wellbeing — це благополуччя людини, суспільства і планети в цілому.

Актуальним є дослідження зв'язку між благополуччям персоналу та зростанням продуктивності компаній. Інструменти навчання, розвитку, винагороди мають тільки короткостроковий вплив на ефективність працівників. Це відбувається тому, що традиційні HR підходи не адресовані основним базовим потребам персоналу — особистому благополуччю, безпеці і здоров'ю. Дослідження показали, що основними джерелами низької продуктивності є персональні чинники працівників. Якщо працівники не відчувають себе добре підготовленими до роботи на фізичному, психологічному й емоційному рівнях, то працездатність і результативність знижуються, що негативно відображається на кінцевих результатах роботи.

На підприємствах харчової галузі, де високий рівень механізації, автоматизації, швидкий темп виконання операцій поєднується з монотонністю, виробничий стрес блокує виконання цілей, призводить до професійного вигорання, хронічної втоми працівників, знижується результативність, що відображається на продуктивності праці. Саме через ці причини й аргументи це дослідження є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми забезпечення професійного здоров'я, безпеки і благополуччя персоналу — wellbeing-технології, досліджуються в працях, присвячених різним аспектам реалізації: впровадження заходів з професійного благополуччя персоналу, розроблення методик професійного благополуччя персоналу, розвитку працезахоронного менеджменту тощо.

Зокрема, А. В. Василик акцентує увагу на запровадженні заходів з well-being-менеджменту, які мають бути спрямовані на забезпечення професійного благополуччя персоналу (well-being at work), підтриманні високої працездатності і безпеки праці, збереженні фізичного, психологічного та психічного здоров'я персоналу (Василик, 2020).

Збереження психологічного здоров'я через запровадження комплексу методик для (mental health) персоналу організацій описано в (Карамушкіна, Креденцер & Терещенко, 2019).

У праці Л. Я. Малімон пріоритетом виступає аналіз взаємозв'язку показників психологічного благополуччя та задоволеності працею (Малімон, 2020). Н. Є. Мовмига і І. О. Мезенцева аналізують розвиток та актуальність працезахоронного менеджменту підприємств, його заходи, які в деяких моментах збігаються з wellbeing-технологіями (Мовмига & Мезенцева, 2020).

Також ця тема досліджується в численних публікаціях HR-порталів, які присвячені практичним питанням покращення менеджменту персоналу компаній. Водночас питання потребує подальшого дослідження з метою акцентування уваги на застосуванні wellbeing-технологій у менеджменті персоналу компаній харчової галузі.

Метою дослідження є узагальнення теоретичних і прикладних підходів до застосування wellbeing-технологій з урахуванням кризових умов пандемії та передового зарубіжного досвіду в діяльності компаній харчової галузі.

Матеріали і методи. В основу дослідження покладено системний підхід до розвитку wellbeing-технологій у менеджменті персоналу. Загальнонаукові мето-

ди (аналіз, синтез, індукція і дедукція, аналогій) використані для виявлення особливостей застосування wellbeing-технологій у відомих зарубіжних компаніях, опитування — для визначення причин стресових ситуацій працівників, порівняння та узагальнення — для виявлення особливостей застосування wellbeing-технологій у компаніях харчової галузі.

Викладення основних результатів дослідження. Новий формат відносин позиціонує благополуччя працівників як фундамент, на якому базується розвиток, продуктивність й успішність. Це узгоджується з пірамідою Маслоу: не можна досягти вершини піраміди, не задовольнивши первинні потреби. Тому благополуччя працівників стало затребуваним напрямком для дослідження в менеджменті персоналу.

Згідно з дослідженням Regus, 53% офісних працівників у всьому світі близькі до емоційного вигорання (Wellbeing-management, 2019). Ця проблема стає серйозною загрозою не тільки для працівників, а й для компаній, адже вигорання приносить величезні збитки. Навіть якщо працівник не звільнився, його працездатність й ефективність на тлі вигорання різко падають, що теж у кінцевому підсумку загрожує компанії втратою прибутку. Дослідження показують, що за останні десять років кількість пропущених робочих днів через тривогу, депресію та стрес збільшилася на 24% (Wellbeing-management, 2019).

Темп життя в останні роки різко прискорився: ніколи ще в історії людства технології і засоби виробництва не змінювалися так стрімко. Щоб просто залишитися на тій же позиції і не втратити конкурентоспроможність, працівникові доводиться підлаштовуватися під зміни, вчитися новому, засвоювати величезні обсяги інформації і весь час працювати в режимі мультизадачності. Людська психіка не пристосована до існування в режимі постійного стресу і нестабільності.

За даними CIPD — однієї з найбільших професійних організацій для спеціалістів у сфері HR у світі, результатом впровадження практики wellbeing у різних компаніях світу впродовж останніх 12 місяців стали: підвищення залученості (58%), зниження стресу (29%), покращення продуктивності (22%), розвиток бренду роботодавця (32%) і зниження відсутності через хворобу (30%) (Рубанець, 2020). Тому в менеджменті персоналу стрімкий розвиток отримали нові напрямки: благополуччя співробітників — wellbeing-management і управління стресом або вигоранням — anti-burnout-management. Але щоб забезпечити благополуччя співробітників та підвищення якості їхнього життя потрібні заходи, які б вносили зміни в різні сфери життєдіяльності (Well-being, 2019):

1. *Комфорт на робочому місці.* Робочий простір має бути організовано таким чином, щоб працівникам подобалося там перебувати, спілкуватися з колегами, ділитися ідеями. Перший крок у цьому напрямку — аудит робочих місць з точки зору ергономіки, зручності, комфортності і привабливості. Далі — покупка нових сучасних меблів, організація освітлення і вентиляції, перепланування в офісі тощо.

2. *Здоровий спосіб життя і харчування.* Створення в офісі умов, які б надихали на здорову поведінку і здоровий спосіб життя. Наприклад, залучення дієтолога, який міг скласти індивідуальні програми харчування для працівників.

Можна організувати куточок відпочинку з різними сортами чаю, фруктами, йогуртами і молоком у холодильнику на будь-який смак.

3. *Спорт*. Оплата абонементів у тренажерний зал або надання знижок на такі абонементи, оплата оренди спортзалу для спільних занять тими чи іншими видами спорту. Створення корпоративних команд. Організація виїзних спортивних заходів для співробітників і членів їх сімей (естафети, спільні виїзди на каток тощо). Організація лекцій і майстер-класів від відомих тренерів.

4. *Профілактика хвороби*. Передусім вакцинація, медогляди та інші масові профілактичні заходи. Для співробітників з хронічними захворюваннями — додаткові консультації лікарів для виявлення проблем і шляхів їх вирішення.

5. *Психологічний стан і управління стресом*. Важливо регулярно проводити заходи з управління здоров'ям і життєвим тонусом, де працівникам розкажуть, як правильно організувати відпочинок і відновлювати сили, як впоратися з порушенням біологічних ритмів при змінному режимі, як налагодити сон, як управляти своєю працездатністю і настроєм протягом робочого дня, як управляти стресом.

6. *Консультації wellbeing-коучів для працівників і оцифрування способу життя за допомогою маловитратних змін*. Основна проблема — це зв'язати всю інформацію про працівника з його KPI за допомогою гаджетів для розроблення індивідуальної програми з метою покращення якості життя.

7. *Фінансове благополуччя*. Проведення семінарів і тренінгів, які присвячені тому, як планувати сімейний бюджет, як не потрапляти в маркетингові, банківські (кредитні), шахрайські пастки, як уникати імпульсивних покупок.

8. *Баланс роботи та особистого життя*. Поєднання вимог роботи та умов відпочинку. Розроблення гнучких графіків роботи, за бажанням працівників пропозиції — віддаленої роботи або з частковою зайнятістю.

Успішне впровадження wellbeing-технологій у менеджменті персоналу відомих компаній поєднується з їхніми фінансовими здобутками та розвитком Google, Johnson & Johnson, Next Jump, Buffer, Chesapeake Energy, Accenture, Facebook (10 companies getting workplace wellbeing right, 2019).

Зокрема, прикладом успішного застосування wellbeing-технологій є компанія Google, в якій все спрямоване на те, щоб працівник відчував себе комфортно. Wellbeing-технології впроваджені в корпоративну культуру, у компанії дозволяється працювати стільки і в тому режимі, в якому працівник вважає за необхідним для себе. І такий персоніфікований вибір робить працівників щасливими, сприяє зростанню їхньої продуктивності та креативності у компанії.

Іншим прикладом застосування wellbeing-технологій є компанія Johnson & Johnson, яка напрямок благополуччя впроваджує у повсякденну діяльність. Від рекомендацій щодо здорового харчування в їдальнях до фітнес-центрів, які проводять заняття для працівників в обідній час.

Компанія електронної комерції Next Jump вважає, що здоров'я та благополуччя є одним з основних принципів бізнесу. Допомога пропонується за всіма аспектами здоров'я працівників, включаючи управління стресом, харчуванням і психічним здоров'ям. Співробітникам пропонується робити невеликі перерви по 20 хв для фізичних навантажень, також застосовуються психологічні та емоційні

тренерські програми психофізичного розвантаження. Користь від застосування wellbeing-технологій — збільшення річного зростання продажів компанії Next Jump з 30% до 120%.

Компанія Buffer з розвитку програмного забезпечення у соціальних мережах змушує своїх працівників не приховувати власні емоції. Компанія надає доступ онлайн-терапевтам для всієї своєї віддаленої робочої сили, а також безкоштовні підписки на додаток для здоров'я та благополуччя Joyable. Такі ресурси, як Slack використовуються як місце для обміну та обговорення ресурсів психічного здоров'я. В компанії робиться акцент на превентивних заходах, включаючи введення «Unsick Day», який є вихідним днем і має бути присвячений заходам оздоровлення працівників.

Американський постачальник енергії Chesapeake Energy приділяє значну увагу фізичному благополуччю працівників. Так, у компанії працює фітнес-центр площею 72000 квадратних футів з басейном, стіною для скелелазіння та персональними тренерами. Це серйозна інвестиція в здоров'я співробітників. У штаб-квартирі площею 120 акрів знаходиться дитячий садок для дітей у віці від шести тижнів до п'яти років і медична клініка з повним переліком надання медичних та стоматологічних послуг. Компанія також пропонує ряд медичних послуг в рамках свого повного соціального пакета, що охоплює майже всі аспекти фізичного здоров'я працівників.

Багатонаціональна компанія з надання професійних послуг Accenture пропонує вибір своїм співробітникам. Доступні гнучкі графіки, тож співробітники можуть вибрати роботу в офісних умовах або дистанційно. Компанія також має ініціативу «Accenture Active» на основі додатків, де можна обирати оздоровчу мету, реалізація якої передбачає винагороду. Також надаються конфіденційні послуги підтримки, щоб допомогти співробітникам з таких питань, як стрес, депресія і прояву тривоги.

У кампусі Facebook створено середовище, яке заохочує фізичне здоров'я. У готелі працює фітнес-центр. Компанія надає перевагу велоспорту, щоб допомогти співробітникам в організації прогулянок кампусом. Facebook встановив торгові автомати, що забезпечують всі деталі, потрібні для ремонту велосипедів. Крім фізичної підготовки, компанія заохочує ряд інших ініціатив добробуту, включаючи надання співробітникам можливості бути волонтерами. Компанія переконана, що оздоровчі ініціативи є позитивними як для суспільства, так і для персоналу.

В одній з німецьких ІТ-компаній впровадили програму моніторингу ментального здоров'я — працівники можуть пройти безкоштовну консультацію психолога з питань вигорання, проблем на роботі або стресу. У великих компаніях є кілька штатних психологів, до яких завжди можна звернутися за допомогою. Усвідомлення того, що психічне здоров'я не менш важливе, ніж фізичне, допомагає зменшити тенденцію до вигорання і навіть кількість суїцидів на робочому місці.

Сфери діяльності, в яких найбільше піклуються про здоров'я та благополуччя працівників, наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Сфери діяльності, в яких найбільше піклуються про здоров'я та благополуччя працівників

№ з/п	Сфери діяльності	У відсотках
1	IT-компанії	29
2	Послуги для бізнесу	13
3	Роздрібна торгівля	8
4	Фінансовий сектор	6
5	Маркетинг і ЗМІ	5

Примітка: складено за даними (Робота: як компанії піклуються про здоров'я працівників, 2020).

Хоча харчова галузь не входить у сфери діяльності, які мають високий рівень піклування про персонал, початковий досвід впровадження wellbeing-технологій також спостерігається і у вітчизняних компаніях. Зокрема, компанія «Кернел» створила 16-тисячну команду, забезпечує професійний та особистісний розвиток працівників, пропонує конкурентну систему винагороди, створює такі умови, щоб кожен співробітник відчував себе щасливим на роботі. Щорічно компанія Кернел лідує в рейтингах кращих роботодавців. Завдяки сертифікації за міжнародним стандартом ISO 45001 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці» компанія забезпечує єдиний підхід до управління системою охорони праці та здоров'я працівників.

Цікавим досвідом компанії «Глобіно» є відкриття центру «Альтернативний шлях», де унікальна методика та спеціальне обладнання дають змогу проводити медитаційні сесії, спрямовані на вирішення низки професійних проблем учасників: підвищення стресостійкості, підготовленість до високих швидкостей і викликів сучасного бізнесу. Для ключових співробітників компанії розроблені спеціальні мотиваційні програми, які дають змогу об'єднати бізнес-інтереси компанії з особистими цілями і професійними інтересами. Навчання за програмою проходить 90% топ-менеджменту групи компаній і частина керівників середньої ланки.

Компанія «Данон», опікуючись здоров'ям працівників і громадян, разом з Асоціацією дієтологів України створила проєкт та інформаційну платформу «Про Здорове», аби популяризувати здорові харчові звички серед людей різних поколінь. «Про Здорове» — це масштабна загальнонаціональна платформа, що містить інформацію про прості кроки, які допоможуть покращити здоров'я кожного українця. Спираючись на практики провідних країн світу, експерти зробили їх зрозумілими та доступними для застосування в повсякденному житті громадян (яким має бути збалансований щоденний раціон, що входить до переліку необхідних організму продуктів, як розраховувати розмір порцій та які страви можна вважати здоровими).

Агроіндустріальний холдинг МХП згідно з власною політикою охорони здоров'я та безпеки робочого середовища докладає зусилля щодо впровадження заходів з охорони здоров'я та праці, пропагуючи та здійснюючи комунікацію щодо важливості здорових звичок на робочому місці, регулярних медичних профілактичних оглядів, балансу між роботою та життям, здорового способу життя.

Успішним досвідом компанії «Оболонь» є впровадження особливого проєкту реінтеграції працівників «Знову до роботи», який передбачав повернення фахівців з декретних відпусток, а також працівників, що мають дітей віком до 3 років. Результатом реалізації проєкту було суттєве удосконалення колективного договору, що стосувалося системи професійного навчання, розвитку і наставництва;

режиму роботи; підтримки, організації й проведення спортивно-оздоровчих і культурно-масових заходів для співробітників та їхніх сімей.

У 2020 р. значно підвищився рівень стресу серед працівників у компаніях харчової галузі (табл. 2).

Таблиця 2. Причини підвищення стресу в діяльності компаній харчової галузі

№ з/п	Причини підвищення стресу	У відсотках	Рейтинг
1	Психофізичне навантаження	90	3
2	Недостатній рівень мотивації та стимулювання праці	95	2
3	Стиль керування ТОП-менеджменту	70	5
4	Відносини з керівництвом у структурних підрозділах (відділах)	80	4
5	Відносини з колегами	56	6
6	Умови праці, облаштування робочого місця	46	7
7	Відсутність кар'єрного зростання	35	8
8	Умови пандемії, дистанційна робота, вимушена відпустка	97	1

Примітка: складено за результатами опитування.

Отже, високий рівень стресу забезпечується основними причинами: умовами пандемії, вимогою перейти на дистанційну роботу або піти у вимушену відпустку, як правило, за власний рахунок, наявністю психофізичного навантаження і недостатнім рівнем мотивації та стимулювання праці.

Узагальнення підходів до застосування wellbeing-технологій у компаніях в умовах пандемії наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Підходи до благополуччя працівників — wellbeing-технології підприємств

Напрямок благополуччя	Заходи щодо застосування в умовах пандемії
1	2
Фізичне здоров'я	Соціальне дистанціювання, що передбачає дистанціювання робочих місць і маркування на підлозі. Скринінг та моніторинг: обов'язковий температурний скринінг для всіх співробітників; Санітаризація всього офісу: поверх, робочий стіл тощо. Безпека та обізнаність: обов'язкові маски та обізнаність через плакати, тренінги та електронні листи тощо.
Психічне здоров'я	Керівництво може надати співробітникам доступ до терапевтів або будь-яких інших спеціальних положень відділу догляду. Роботодавці також можуть розглянути певні схеми додаткових пільг у часі, кращі способи комунікації для стабілізації психічного здоров'я.
Підтримка співробітників	Менеджери повинні прислухатися до співробітників, щиро розуміти їхні проблеми, а також переконатися, що вони були почуті. Працівники будуть відчувати підтримку, якщо зможуть поділитися своїми думками. Менеджери можуть поділитися тим, як вони поведуться з новою нормою, це може бути потужним інструментом для побудови довіри з працівниками. Молоді співробітники розуміють, що вони не самотні під час кризи, компанія їх завжди підтримуватиме.

1	2
Фінансове благополуччя	<p>Фінансове благополуччя є однією з найбільших проблем для більшості людей у цій кризі, і основним джерелом доходу є їхні роботодавці.</p> <p>Погіршення фінансових умов може призвести до негативних наслідків у сім'ях працівників, що також перешкоджає їхній продуктивній роботі. Допомога в управлінні фінансами онлайн. Організації можуть активізуватися і допомогти співробітникам з деякими додатковими фінансовими ресурсами, щоб допомогти зменшити фінансовий стрес і поліпшити їхнє загальне благополуччя.</p>
Постійний зв'язок з працівниками	<p>Підвищення каналів зв'язку може допомогти підвищити мотивацію співробітників, щоб працювати краще.</p> <p>Керівництво повинно регулярно відкрито повідомляти про свої плани, прагнути подолати труднощі разом. Це також забезпечить відчуття приналежності співробітників до роботи над досягненням спільної мети організації.</p> <p>Роботодавці можуть провести невелике опитування, щоб оцінити ставлення працівників. Це дасть змогу керівництву коригувати плани комунікації з окремими членами та командами в організації.</p> <p>Роботодавці також можуть проводити регулярні онлайн-конференції, надсилати електронні листи або застосовувати додатки для спілкування, такі як Slack, Zoom, Skype.</p> <p>Компанії також можуть скористатися новими програмами, які дають змогу спілкуватися віддалено. За допомогою технологій і творчості можуть бути створені кращі канали зв'язку для ефективної підтримки співробітників.</p>
Гнучкий графік роботи	<p>Для вирішення кризових ситуацій програми управління добробутом співробітників повинні передбачати гнучке планування часу (прибуття, від'їзд, обідні перерви тощо).</p> <p>Очікується, що співробітники, які здатні досягти балансу між особистим і професійним життям, будуть більш продуктивними і благополучними.</p>
Корпоративна соціальна відповідальність	<p>Корпоративна соціальна відповідальність — важливий аспект для роботодавців у залученні працівників до соціальних програм.</p> <p>Організація може надати платформу для співробітників з метою участі у соціальних проєктах і суспільних, волонтерських заходах. Молоде покоління відчуває себе більш пов'язаним з організацією, яка прагне їх об'єднати в команду однодумців в кризових умовах.</p> <p>При адаптації до «нових нормальних» станів здоров'я співробітників важливо надавати пріоритет програмам управління добробутом. Здійснити опитування людей для того, щоб з'ясувати, що допоможе їм почуватися краще і чим можна допомогти.</p>

Примітка: складено на основі (Molony, 2020).

На нашу думку, у компаніях харчової галузі застосування wellbeing-технологій знаходиться на початковому етапі і безпосередньо пов'язане з впровадженням корпоративної соціальної відповідальності та стандарту ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці».

Корпоративна соціальна відповідальність компаній пов'язана з реалізацією соціально-трудових практик, які спрямовані на розвиток персоналу, відмову від використання примусової та дитячої праці, відсутність дискримінації, поліпшення умов праці, удосконалення оплати та стимулювання праці, розроблення заходів

із захисту здоров'я і безпеки, формування компенсаційного пакета та інших соціальних пільг.

Впровадження стандарту ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці» забезпечує: підвищення обізнаності про ризики, пов'язані з гігієною, безпекою та охороною праці; залучення персоналу до системи управління охороною здоров'я та безпекою праці та його активна роль у питаннях безпеки і охорони праці в компанії; поліпшення здатності реагувати на питання, відповідність нормативним і законодавчим вимогам в галузі охорони праці; скорочення загальних витрат на інциденти; скорочення часу простою і витрат, пов'язаних з порушенням роботи; зниження вартості страхових внесків; скорочення кількості прогулів і плинності кадрів у компанії.

Висновки

Вимога часу — вкладання компаніями інвестицій у здоров'я та благополуччя працівників, тобто застосування wellbeing-технологій у менеджменті персоналу. Тільки здорові та щасливі працівники працюють високопродуктивно з творчим натхненням і креативністю, забезпечуючи розвиток бізнесу й отримання прибутку. Застосування wellbeing-технологій у компаніях харчової галузі знаходиться на початковому етапі і буде все більше розвиватися з урахуванням передового зарубіжного досвіду та з реалізацією принципів корпоративної соціальної відповідальності і вимог міжнародних стандартів, що вимагає подальших досліджень у цій сфері.

Література

Василик А. В. (2020). *Основи well-being-менеджменту як системи забезпечення професійного здоров'я і благополуччя персоналу*. Матеріали Четвертої Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Управління розвитком соціально-економічних систем». Харків: ХНТУСГ.

Карамушка, Л. М., Креденцер О. В., Терещенко К. В. (2019). Методики для дослідження «mental health» персоналу організацій. *Актуальні проблеми психології*, (4)54,

Малімон Л. Я. (2020). Взаємозв'язок психологічного благополуччя і задоволеності працею персоналу державної служби. *Психологічне здоров'я персоналу організацій в умовах пандемії COVID-19: проблеми та технології забезпечення*: матеріали XIV Міжнар. наук.-практ. онлайн-конф. з організаційної та економічної психології. Київ — Біла Церква.

Мовмига Н. Є., Мезенцева І. О. (2019). Сучасні тенденції працевпорядного менеджменту: формування фахівця нового типу з охорони праці та промислової безпеки. *Молодий вчений*. 2(2). DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-2-66-107>.

Wellbeing-management: что должна включать программа для сотрудников. (2019) Взято з: <https://hr-tv.ru/articles/wellbeing-management-chto-dolzha-vkljuchat-programma-dlja-sotrudnikov.html>.

Рубанець О. (2020). HR-тренди 2020-2021: лідерство, wellbeing і антикрихіткість. Взято з: <http://www.management.com.ua/tend/tend1281.html>.

Well-being is a new engagement. (2019). Взято з: <https://lifeaddwiser.com/en/blog/well-being-engagement-nudge>.

10 companies getting workplace wellbeing right (2019). Взято з: <https://www.workstars.com/recognition-and-engagement-blog/2019/11/20/10-companies-getting-workplace-wellbeing-right/>.

Робота: як компанії піклуються про здоров'я працівників (2020). Взято з: <https://gazeta.ua/articles/economics/vid-strahuvannya-do-poslug-psihologa-yak-kompaniyi-pikluyutsya-pro-zdorovya-pracivnikov/949574>.

Sam Molony (2020). Employee Wellbeing Management In 2021: A Strategy and A Responsibility Взято з: [tps://www.zoomshift.com/blog/employee-wellbeing-management/w](https://www.zoomshift.com/blog/employee-wellbeing-management/w).

MANAGEMENT OF EFFICIENCY OF OPERATIONAL ACTIVITY OF ENTERPRISES-PRODUCERS OF SPARKLING WINES IN THE CONDITIONS OF GROWTH OF IMPORTS

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

National University of Food Technologies

Key words:

Production of sparkling wines
Sale of sparkling wines
Import of sparkling wines
Enterprises-producers of sparkling wines
Operational activity
Management
Efficiency of operational activity

Article history:

Received 10.03.2021
Received in revised form 24.03.2021
Accepted 07.04.2021

Corresponding author:

I. Tiukha
E-mail:
tykhaiv@ukr.net

ABSTRACT

The article is devoted to the study of modern market conditions of functioning of domestic enterprises-producers of sparkling wines, as well as the development of practical recommendations for improving the efficiency of their operational activities in these conditions.

It was established that the efficiency of operational activities of enterprises producing sparkling wines is a necessary condition for their survival and development and requires a constant search for reserves and ways to obtain the desired income.

The dynamics of production, sale and import of sparkling wine to Ukraine in 2010—2019 was analyzed. There was a significant reduction in the production of sparkling wines with the annual growth of consumption of this category of wines among Ukrainians mainly due to imports. The progressive growth in sales of imported sparkling wines during 2016—2019 (from 2.74 to 11.8 million bottles) led to a reduction in sales of sparkling wines made in Ukraine. The result of such a decline was not only a deterioration in operating and marketing performance of domestic producers of sparkling wines, but also a decrease in their market value, which requires the initiation of changes in the organization of operating activities.

The structural and logical sequence of stages of management of efficiency of operational activity of the enterprises-producers of sparkling wines presented by six stages is developed and offered: the administrative analysis of a condition of operational activity; initiation of changes in the organization of operational activities; formation of operational strategy of the enterprise; formation of operational development programs; implementation of measures to improve operating activities and control the results and condition of operating activities of the enterprise.

The practical significance of the article is due to the possibility of using sparkling wines by research materials to develop a set of measures to manage the effectiveness of operational activities.

УПРАВЛІННЯ ЕФЕКТИВНІСТЮ ОПЕРАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ-ВИРОБНИКІВ ІГРИСТИХ ВИН В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ІМПОРТУ

Т. В. Рибачук-Ярова, І. В. Тюха, С. П. Дунда
Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена дослідженню сучасних ринкових умов функціонування вітчизняних підприємств-виробників ігристих вин, а також розробці практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності їх операційної діяльності.

Встановлено, що ефективність операційної діяльності підприємств-виробників ігристих вин є необхідною умовою як виживання, так і розвитку, тому вимагає постійного пошуку резервів і шляхів отримання бажаних доходів.

Проаналізовано динаміку виробництва, реалізації та імпорту вина ігристого в Україну за 2010—2019 рр. Відмічено суттєве скорочення обсягів виробництва вітчизняної продукції при щорічному зростанні обсягів споживання українцями імпортованих ігристих вин. Поступальне зростання обсягів продажу імпортованих ігристих вин протягом 2016—2019 рр. (з 2,74 до 11,8 млн пляшок) призвело до скорочення обсягів реалізації ігристих вин українського виробництва. Результатом такого падіння стало не лише погіршення показників операційної та збутової діяльності вітчизняних виробників ігристих вин, але й зниження їх ринкової вартості, що вимагає ініціації змін в організації операційної діяльності.

Розроблено та запропоновано структурно-логічну послідовність етапів управління ефективністю операційної діяльності підприємств-виробників ігристих вин, представлену шістьма етапами: управлінський аналіз стану операційної діяльності; ініціація змін в організації операційної діяльності; формування операційної стратегії підприємства; формування програм розвитку операційної діяльності; реалізація заходів з удосконалення операційної діяльності та контроль результатів і стану операційної діяльності підприємства.

Практична значущість статті обумовлена можливістю використання підприємствами-виробниками ігристих вин матеріалів дослідження для розробки комплексу заходів щодо управління ефективністю операційної діяльності.

Ключові слова: виробництво ігристих вин, реалізація ігристих вин, імпорт ігристих вин, підприємства-виробники ігристих вин, операційна діяльність, управління, ефективність операційної діяльності.

Постановка проблеми. Ефективність функціонування підприємств-виробників ігристих вин є необхідною умовою їх виживання та розвитку в умовах ринку. Забезпечення ефективності діяльності підприємств вимагає постійного пошуку резервів і шляхів отримання бажаних доходів. Такий пошук стає все складнішим через загострення проблем зовнішнього середовища та формує нові вимоги до системи управління ефективністю операційної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню проблематики управління операційною діяльністю підприємства присвячено праці таких науковців, 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.

Проте операційній діяльності підприємств-виробників ігристих вин та управлінню її ефективністю не приділено належної уваги.

Метою статті є дослідження ринкових умов функціонування вітчизняних підприємств-виробників ігристих вин і визначення послідовності етапів управління ефективністю їх операційної діяльності.

Матеріали і методи. Досліджуються сучасні ринкові умови функціонування вітчизняних підприємств-виробників ігристих вин. Вивчаються можливості підвищення ефективності управління їх операційною діяльністю.

Для групування національних і міжнародних аналітичних результатів використовувався метод синтезу, порівняння та спостереження, методи узагальнення.

При розробці структурно-логічної послідовності етапів управління ефективністю операційної діяльності підприємств-виробників ігристих вин використано логічно-абстрактний метод.

Викладення основних результатів дослідження. Ефективність операційної діяльності підприємств-виробників ігристих вин є необхідною умовою їх виживання та розвитку.

Операційна діяльність є основною діяльністю підприємства, що пов'язана з виробництвом і реалізацією продукції (Говорушко, 2013; Гончарук, 2008; Куденко, 2009; Куценко, 2008; Лазарева, 2015; Моцна, 2011; Олексюк, 2008; Саричев, 2012; Ситник, 2018; Стерлігова, 2009; Тадіка, 2007; Чейз, 2007). Саме операційна діяльність забезпечує отримання основного доходу і виступає головним джерелом формування цінності підприємства, що робить процес управління ефективністю операційної діяльності пріоритетним напрямком роботи для менеджменту підприємства (Куценко, 2008).

Мета управління ефективністю операційної діяльності підприємства підпорядковується його цільовій функції — максимізації вартості підприємства. З огляду на те, що ринкова вартість обумовлюється обсягами майбутнього вільного грошового потоку, суттєва частка якого формується саме результатами операційної діяльності, можна визначити локальну мету управління ефективністю операційної діяльності — підвищення (максимізацію) її рівня, що проявляється у зростанні показника скоригованого операційного прибутку до відшкодування фінансових витрат та амортизації (Саричев, 2012).

У ринкових умовах господарювання збут продукції для підприємств-виробників ігристих вин має вирішальне значення, оскільки існує жорстка конкуренція серед вітчизняних та іноземних представників галузі.

Характеризуючи стан ринку ігристих вин, слід зазначити, що останнім часом спостерігається тенденція скорочення пропозиції, що зумовлено дією декількох чинників. Формування ціни на алкогольні напої відбувається під впливом державного регулювання, яке проявляється у встановленні мінімальних роздрібних цін і визначенні ставки акцизів, попитної спроможності населення та конкурентної боротьби на ринку алкогольних напоїв (Топалов, 2017). Дія цих чинників має різний напрям впливу на обсяги пропозиції та попиту на ринку алкогольних напоїв.

Загалом, виробництво ігристих вин в Україні в останні роки суттєво скорочується. І це попри те, що споживання цієї категорії вин серед українців щороку зростає, однак — за рахунок імпорту (табл. 1).

Таблиця 1. Виробництво вина ігристого зі свіжого винограду (крім вина «Шампанське», включаючи «Шампанське України»)

Показник \ Рік	Рік							
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Січень-жовтень 2020 р.
Осяг виробництва, тис. дал	5356,5	3644,7	4753,6	4740,9	3733,4	3399,1	2690,9	1629,4
Темп зростання, %		-31,96	30,43	-0,27	-21,25	-8,95	-20,83	-39,45

Примітка: складено автором на основі (Державний комітет статистики).

З табл. 1. видно, що найвищий рівень виробництва ігристих вин протягом 2013—2019 рр. був у 2013 р. (5356,5 тис. дал), однак у 2019 р. виробництво скоротилося до 2690,9 тис. дал, або на 49,76%. Однією з причин скорочення виробництва ігристих вин у 2019—2020 рр. було визнано пандемію, вплив COVID-19 на всі сфери життя країни.

Аналіз виробництва ігристого вина і шампанського в розрізі компаній-виробників яскраво демонструє високу конкуренцію на ринку ігристого вина в Україні. Серед вітчизняних виробників ігристих і шампанських вин на статус загальнодержавних претендують лише два підприємства, продукція яких представлена у більшості регіонів країни — ПрАТ «Артемівськ Вайнері» (торговельні марки «KRIMART», «Крим», «Артемівське») та ПрАТ «Київський завод шампанських вин «Столичний» (торговельні марки «Наш Київ», «Українське», «Советское Шампанское», «Советское Преміум», «Мускат Ігристий», «Кримград», «Cuvée №1», «Henkell», «Fürst von Metternich», «Söhnlein Brilliant»). Розуміючи складну економічну ситуацію в Україні, більшість компаній розширюють свій портфель продукції новими недорогими торговельними марками ігристого вина і шампанського (Гарслян & Біленька, 2021).

Досліджуючи обсяги реалізації ігристих вин, слід відзначити, що вітчизняний споживач, як і раніше, сприймає ігристі вина як невід’ємний атрибут святкових заходів. Пояснити, що вино є найбільш гігієнічним напоєм зараз неможливо через заборону на рекламу ігристих вин, які на законодавчому рівні оголошено алкогольними напоями. Крім того, в Україні діє акцизний податок в розмірі 11,65 грн/л, тоді як у ЄС, Молдові та Грузії акциз на ігристе дорівнює нулю, що послаблює цінні конкурентні переваги вітчизняних виробників.

Обсяги реалізації вина ігристого зі свіжого винограду (крім вина «Шампанське», включаючи «Шампанське України») представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Обсяги реалізації ігристих вин в Україні у 2013—2019 рр.

Рік	Обсяги реалізації, тис. дал	Темп зростання, %	Обсяги реалізації, тис. грн	Темп зростання, %
2013	5121,9	—	1343647,1	—
2014	3109,9	-39,28	838368,5	-37,61
2015	4141,9	33,18	1291745,4	54,08
2016	4249	2,59	1651277,7	27,83
2017	2924,8	-31,16	1289845,5	-21,89
2018	2764,5	-5,48	1482599,6	14,94
2019	2060,4	-25,47	1144290,3	-22,82

Примітка: складено автором на основі (Державний комітет статистики).

З табл. 2 бачимо, що при скороченні обсягів реалізації ігристих вин протягом 2013—2019 рр. у натуральному виразі, вартісні обсяги реалізації зростали у 2015 р. (на 54,08%) порівняно з 2014 р., у 2016 р. (27,83%) порівняно з 2015 р. та у 2018 р. (на 14,94%) порівняно з 2017 р., що викликано зростанням відпускних цін на продукцію в ці періоди.

Отже, динаміка реалізації ігристих вин протягом 2013—2019 рр. була неоднорідною: зростання відбувалось у 2015 р. до рівня 4141,9 тис. дал та у 2016 р. до рівня 4249 тис. дал. Усі інші періоди характеризуються негативною динамікою.

Перевищення обсягів виробництва над обсягами реалізації ілюструє рис. 1.

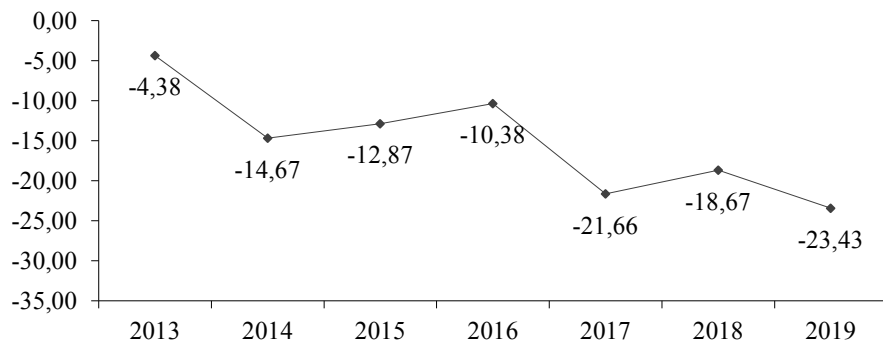


Рис. 1. Перевищення обсягів виробництва над обсягами реалізації ігристих вин в Україні у 2013—2019 рр., складено на основі (Державний комітет статистики)

Ключовим фактором вибору у 2018—2020 рр. стає раціональність: споживач прагне отримати товар бажаних якісних характеристик із мінімальними витратами ресурсів. Крім того, важливими стають додаткові критерії: зручність, ергономічність і привабливість упаковки, широкий асортимент, наявність швидкої логістики. Все те, над чим раніше споживач мало замислювався, стоячи перед полицею у супермаркеті, стало для нього важливим в умовах карантину.

Як свідчить статистика, імпортовані сорти ігристих вин займають більш ніж 40% споживчого ринку України (Московчук, 2020). Виробники у ЄС більш гнучкі для захоплення вітчизняного споживчого ринку, адже, на відміну від українських виноробів, мають законодавче право, наприклад, випускати вина у маленьких жерстяних банках, у пластиковій тарі та інших альтернативних упаковках, які не лише привабливі та зручні у використанні, але й цікаві споживачеві з точки зору економії коштів (Антоненко, 2020).

Розглянемо обсяги імпорту вина ігристого в Україну у 2010—2019 рр. (рис. 2).

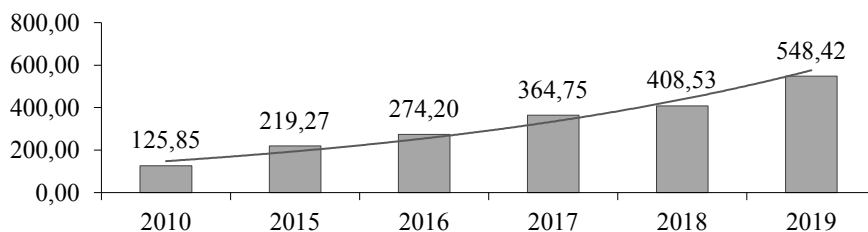


Рис. 2. Обсяги імпорту вина ігристого в Україну у 2010—2019 рр., тис. дал, складено на основі (Державний комітет статистики)

З рис. 2 видно, що протягом 2010—2019 рр. спостерігається постійна позитивна динаміка до зростання фізичного обсягу імпорту вина ігристого в Україну. У 2010 р. обсяг імпорту вина ігристого становив 125,85 тис. дал, а у 2019 р. його значення зросло до 548,42 тис. дал (на 335,76% більше, ніж у 2010 р.), що свідчить про те, що імпортні ігристі вина користуються зростаючим попитом на українському ринку.

Розглянемо географію постачання вина ігристого в Україну (табл. 3).

Таблиця 3. Країни-постачальники вина ігристого в Україну у 2010—2019 рр. за основними країнами-експортерами, тис. дал

Країна експортер	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Бельгія	0,00	0,08	2,83	4,24	5,76	6,53
Грузія	20,95	22,22	46,98	69,69	70,03	77,26
Іспанія	1,90	9,38	22,32	35,90	46,58	95,30
Італія	43,30	155,23	154,52	183,97	205,53	288,27
Латвія	0,05	0,45	3,67	4,37	5,22	3,14
Німеччина	2,16	4,14	12,17	15,43	15,62	15,73
Польща	0,02	0,04	3,06	5,77	9,78	10,34
Молдова	41,57	5,66	3,53	17,92	12,74	7,42
Франція	8,98	17,97	18,91	20,83	26,60	33,19
Кіпр	0,00	0,28	0,32	0,89	0,61	0,97

Примітка: складено на основі (Державний комітет статистики).

Як видно з табл. 3, найбільші обсяги імпорту вина ігристого в Україну у 2010—2019 рр. надходили з Італії, Франції, Грузії та Молдови.

Порівняємо обсяги реалізації ігристих вин в Україні українського виробництва та імпортованих (рис. 3).



Рис. 3. Обсяги реалізації ігристих вин в Україні українського виробництва та імпортованих у 2016—2019 рр., млн пляшок складено на основі (Державний комітет статистики)

Так, протягом 2016—2019 рр. відбувалося поступальне зростання обсягів продажу імпортованих ігристих вин (з 2,74 до 11,8 млн пляшок). При цьому спостерігалось падіння обсягів реалізації ігристих вин українського виробництва з

21,46 млн пляшок у 2016 р. до 16,53 млн пляшок у 2019 році. Результатом такого падіння стало не лише погіршення показників операційної та збутової діяльності вітчизняних виробників ігристих вин, але й зниження їх ринкової вартості, що вимагає ініціації змін в організації операційної діяльності.

Структурно-логічну послідовність етапів управління ефективністю операційної діяльності підприємств-виробників ігристих вин зображено на рис. 4.



Рис. 4. Етапи управління ефективністю операційної діяльності підприємств-виробників ігристих вин (розроблено на основі (Ситник, 2018))

Так, на першому етапі управління ефективністю операційної діяльності проводиться управлінський аналіз стану операційної діяльності підприємства, в межах якого оцінюється рівень, динаміка і структура витрат та доходів від операційної діяльності, а також позиція підприємства на ринку відносно конкурентів, його основні конкурентні переваги в ринковому середовищі. Це дає змогу оцінити ефективність діючої операційної стратегії підприємства, відповідність її умовам функціонування та цільовим орієнтирам розвитку.

Якщо досягнення поставлених цілей не забезпечується наявним потенціалом, ініціюються зміни щодо вдосконалення операційної діяльності та формування програм її розвитку, зокрема: розвитку операційних активів, персоналу, бізнес-процесів операційної діяльності, переглядаються й оновлюються програми лояльності клієнтів, якості.

На етапі формування операційної стратегії розробляють стратегічні операційні цілі, що конкретизуються у стратегічних операційних показниках діяльності, які можна систематизувати за допомогою різних інструментів: збалансованої системи показників (BSC), моделі Мейсела, методу «бортової панелі» (Tableau de bord), піраміди ефективності К. Мак-Найра, Р. Лінча, К. Кросса та ін. Обґрунтовані в операційній стратегії цільові показники порівнюються з потенціалом

операційної діяльності: якщо потенціал підприємства дає змогу реалізувати стратегію, вона приймається і відбувається на основі результатів управлінського аналізу розроблення завдань з реалізації операційної стратегії, які формалізуються у програмах розвитку операційної діяльності.

П'ятий етап пов'язаний з безпосередньою реалізацією процесів операційної діяльності та заходів щодо її вдосконалення. Його результативність визначається якістю виконання попередніх етапів управління, з одного боку, та наявним потенціалом операційної діяльності — з іншого.

На стадії контролю здійснюється спостереження за виконанням програм розвитку операційної діяльності і коригування для гарантованого досягнення відповідних результатів. Займаючи особливе місце в системі управління ефективністю операційної діяльності підприємств-виробників ігристих вин, контроль здійснює інформаційне забезпечення ухвалення рішень з метою оптимального використання наявних можливостей.

Висновки

На основі проведеного аналізу стану і тенденцій ринку ігристих вин України запропоновано структурно-логічну послідовність етапів управління ефективністю операційної діяльності підприємств-виробників. Перевагою запропонованого підходу є його орієнтація на формування ринкової вартості підприємства, що дає змогу вирішувати весь необхідний спектр завдань щодо забезпечення ефективності.

Перспективи подальших наукових досліджень пов'язані з оптимізацією управління ефективністю операційної діяльності підприємств-виробників ігристих вин за різних стратегій функціонування.

Література

Агрополіт (2021). *Вино з Європи отримало зелене світло в Україні — ввізне мито скасовано*. Взято з <https://agropolit.com/news/19187-vino-z-yevropi-otrimalo-zelene-svitlo-v-ukrayinu-vvizne-mito-skasovano>.

Кучеренко В. (2019). *Виноградарство та виноробство сьогодні. Вектор руху та розвитку галузі*. Взято з <https://www.syngenta.ua/news/novini-kompaniyi/vinogradarstvo-ta-vinorobstvo-sogodni-vektor-ruhu-ta-rozvitku-galuzi>.

Бойко В. О., Аверчева Н. О., Бойко Л. О. (2019). *Виноградарсько-виноробна галузь України — перспективний напрям агробізнесу. Економіка АПК*, 3. Взято з http://www.eapk.org.ua/sites/default/files/eapk/2019/03/eapk_2019_3_p_61_70.pdf.

Антоненко Я. (2020). *Виробництво вина в Україні рекордно впало: названо причини*. Взято з <https://politeka.net/ua/news/633125-virobnitstvo-vina-v-ukrayini-rekordno-vpalo-nazva-po-prichini>.

Говорушко Т. А. (2013). *Управління ефективністю діяльності підприємств на основі вартісно-орієнтованого підходу* (монографія). Київ: Логос.

Гончарук А. Г. (2008). *Методические основы оценки и управления эффективностью предприятия*. Одеса: Астропринт.

Державний комітет статистики. Взято з <http://www.ukrstat.gov.ua>.

Гарсян І., Біленька А. (2021). *Ігристе України: тренди ринка*. Взято з <https://drinks.ua/news/igristoe-ukrainy-trendy-rynka>.

Московчук Е. (2020). *Ігри скінчилися: виробники ігристих вин почали боротьбу за виживання*. Взято з <https://business.ua/uk/node/11111>.

Куденко Г. Е. (2009). *Управление эффективностью хозяйственной деятельности промышленного предприятия* (монографія). Донецк: Вебер.

Куценко А. В. (2008). *Організаційно-економічний механізм управління ефективністю діяльності підприємств споживчої кооперації України* (монографія). Полтава: РВВ ПУСКУ.

Лазарева Н. О. (2015). Про розуміння управління ефективністю діяльності підприємства. *Економічний вісник Донбасу*, 2, 105—109.

Моцна І. В. (2011). Теоретичні аспекти визначення сутності понять «ефективність виробництва» та «ефективність функціонування підприємства». *Комунальне господарство міст*, В. 100, 207—215.

Олексюк О. І. (2008). *Економіка результативності діяльності підприємства* (монографія). Київ: Київський нац. економ. ун-т ім. В. Гетьмана.

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).

Ситник Г. В. (2018). Система управління ефективністю операційної діяльності підприємства. *Проблеми економіки*, 1(35), 223—230.

Соколов А. (2021). *Не(винный) рынок: основные тенденции, внутреннее производство и импорт*. Взято с <https://delo.ua/business/nevinnyj-rynok-osnovnye-tendencii-vnutrennee-proizvodstvo-i-341147>.

Стерлигова А. Н. (2009). *Операционный (производственный) менеджмент*. Москва: ИНФРА-М.

Тадыка И. Б. (2007). *Управление эффективностью производства. Системно-синергетический подход* (монографія). Одесса: ИПРЭИ НАНУ.

Топалов М. (2017). *Українське виноробство: у битві за виживання*. Взято з <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/10/26/630499/>.

Чейз Р. (2007) *Производственный и операционный менеджмент*. Москва: Вильямс.

IMPROVEMENT OF THE REGULATORY LEGAL BASIS OF MEAT PROCESSING ENTERPRISES AS A FACTOR OF PRODUCT QUALITY MANAGEMENT

L. Strashynska, O. Sheremet

National University of Food Technologies

Key words:

Regulatory framework

Product quality

State policy

Product competitiveness

ISO 9000 standards

Meat processing enterprises

Article history:

Received 25.03.2021

Received in revised form
08.04.2021

Accepted 22.04.2021

Corresponding author:

L. Strashynska

E-mail:

vip1967@ukr.net

ABSTRACT

The article emphasizes the need for systemic changes in the meat processing industry of Ukraine in the direction of improving the regulatory framework. The priority directions of improving the legislative support of the agricultural sector of the economy as a whole and the meat product subcomplex are outlined. The need to form a comprehensive system of measures for state regulation of the meat market in Ukraine, which would be based on the implementation of international standards, which are adapted to those developed by the Commission of the Code of Alimentarius.

The system of meat product quality management is considered, which should be based on international standards ISO 9000, HACCP industry standards and others, which allow to increase the level of safety of production processes and the quality of finished products for both producers and consumers.

A number of competitive advantages obtained by meat processing enterprises that implement a product quality management system in accordance with the requirements of ISO 9000 standards are substantiated.

It is noted that maximizing the positive result for the company with the fullest use of opportunities provided by the implementation of quality management system in accordance with ISO 9000, is not possible without taking into account and minimizing the impact of threats that also accompany this process.

The stages of implementation of the product quality management system at the enterprises in accordance with the requirements of ISO 9000 and the algorithm of realization of this process are determined.

It is noted that the introduction and effective operation of the meat quality management system in accordance with the requirements of ISO 9000 should be implemented comprehensively, taking into account all the opportunities and threats that arise, and following a clear algorithm that includes time intervals for completion, re audits, involvement of external experts and intensification of internal services.

УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ М'ЯСОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЯК ЧИННИК УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ

Л. В. Страшинська, О. О. Шеремет

Національний університет харчових технологій

У статті наголошено на необхідності системних перетворень у м'ясопереробній галузі України в напрямі вдосконалення нормативно-правової бази. Окремлено пріоритетні напрями вдосконалення законодавчого забезпечення аграрного сектору економіки в цілому та м'ясопродуктового підкомплексу. Актуалізована необхідність формування цілісної системи заходів державного регулювання ринку м'яса в Україні, яка б базувалася на впровадженні міжнародних стандартів, що адаптовані до розроблених Комісією Кодексу Алементаріусу.

Розглянуто систему управління якістю м'ясопродукції, яка повинна спиратися на міжнародні стандарти ISO 9000, галузеві стандарти HACCP тощо, які дають змогу підвищувати рівень безпечності виробничих процесів та якість готових продуктів як для виробника, так і для споживача. Обґрунтовано низку конкурентних переваг, які отримують підприємства м'ясопереробної галузі, що впроваджують систему управління якістю продукції відповідно до вимог стандартів ISO 9000.

Зазначено, що максимізація позитивного результату для підприємства при найбільш повному використанні можливостей, які надає впровадження системи управління якістю відповідно до вимог стандарту ISO 9000, неможлива без урахування та мінімізації впливу загроз, що також супроводжують процес. Визначено етапи впровадження системи управління якістю продукції на підприємствах відповідно до вимог ISO 9000 та алгоритм реалізації даного процесу.

Зазначено, що введення та ефективного функціонування системи управління якістю м'ясопродукції відповідно до вимог стандартів ISO 9000 має реалізовуватись комплексно з урахуванням усіх можливостей та загроз, що виникають при цьому, та з дотриманням чіткого алгоритму, який заздалегідь включає часові проміжки на доопрацювання, проведення повторних аудитів, залучення сторонніх експертів та активізацію діяльності внутрішніх служб.

Ключові слова: *нормативно-правова база, якість продукції, державна політика, конкурентоспроможність продукції, стандарти ISO 9000, м'ясопереробні підприємства.*

Formulation of the problem. The lack of a unified state and regional policy in the field of meat subcomplex has led to an imbalance in the functioning of its main links, the violation of organizational and economic relations between them, weakened the influence of the state on the process of reproduction. The state should support domestic producers regardless of ownership and size of the economy. Measures of state regulation should ensure the dynamic development of the meat and meat products market,

stimulate the demand and supply of high quality food, thereby increasing the profitability of agricultural producers and processors of meat raw materials, should meet the interests of agricultural producers, processors and consumers. clear products.

Analysis of recent research and publications. Domestic scientists, in particular O. Butnik-Siversky, N. Vasyutkina, O. Goychuk, L. Deyneko, L. Dzhemelinska, M. Dolishniy, O. Dragan, A. Zainchkovsky, M. Kalinchyk, N. Karpenko, P. Korenyuk, V. Kukhta, O. Luciy, L. Marmul, T. Mostenskaya, M. Pugachev, M. Sychevsky, S. Stasinevich, V. Topikha, A. Fursa, O. Shebanina and many others paid considerable attention to the issues of state policy of food industry development and state support of enterprises of the branch. However, the problems of strengthening state influence in order to regulate the regulatory framework to improve the quality of competitive products, which could compete with Western counterparts in European markets, remain out of the attention of researchers.

The purpose of the article is to determine the main directions of state policy in terms of improving the regulatory framework of meat processing enterprises to achieve competitive advantages in terms of quality of products and opportunities for effective competition in Western markets.

Presentation of the main results of the study. Any legislation on meat and meat products adopted in Ukraine in the near future cannot urgently solve the problems in this area. Their main goal should be to implement systemic transformations that will contribute to the continuous development of the meat market in Ukraine (Popov, 2009). According to the experience of developed countries, this legislative process can be divided into two areas:

- reform of legislation on ensuring and official control of quality and safety of meat and meat products;

- regulation at the legislative level of financial, economic and organizational aspects of the meat market, including the establishment of balanced mechanisms of state management of this market (Pavlenko, 2015).

The priority areas for improving the legislative support of the agricultural sector of the economy and the meat product subcomplex, in particular, include the following:

- to equalize economic relations in the national economy it is necessary to provide regulatory support for intersectoral economic relations in the economy of Ukraine, which provides for the introduction of a single rate of return on advanced capital for all sectors of the economy and taxation above regulatory profits on a progressive scale;

- to create equal conditions for agricultural producers operating on lands of different quality, a draft Law of Ukraine “On equalization of economic conditions of management of agricultural producers located on lands of different quality” should be developed;

- organizational and economic bases of meat production and sale need to be improved by the Law of Ukraine “On Meat and Meat Products” in accordance with EU requirements;

- in order to strengthen the organizational work and legislative support for the formation of professional associations that would ensure the production of agricultural products, their processing and sale of finished products, strengthening the economic ties between the members of the associations (Kurman, 2011).

Taking into account the whole set of factors related to the state and prospects of development of the meat processing complex, it is necessary to form a holistic system of measures of state regulation of the meat market in Ukraine in order to create favorable economic, legal, organizational and other conditions for increasing production and providing domestic producers with appropriate assistance in the financial, legal, informational, diplomatic, and marketing spheres (Zaremba, 2005).

According to national standards, finished meat products should consist of: high-quality sausages made of 100% high-quality meat; first-grade sausages 85% of raw meat (30% beef, 40% — pork, 15% — lard); sausages of the second — not less than 75%. The use of flour, starch, soy and other additives for sausages of the first and second grades should be 15% and 25%, respectively (Dychakovska, 2014). However, if Ukraine is a member of the WTO and the country's immediate development prospects are related to the deepening of European integration, it would be most expedient to introduce standards that are adapted to the standards developed by the Commission of the Codex Alimentarius (Dragan, 2011). This organization was created by the Food and Agriculture Organization (FAO) and the World Health Organization (WHO) and has developed more than 200 standards for individual foods or groups of products. These standards have become, in essence, the benchmarks and are a global benchmark for food producers and international food trade (Chabanenko, 2016).

A meat quality management system is a component of a meat business management system that focuses on obtaining a product with quality indicators that meet consumer expectations and sets requirements for the organization of processes and procedures of the overall business management system (Yemtsev, 2012). The concept of quality from the point of view of the consumer of meat and products of its processing is closely connected with the aspect of their safety for the health of the consumer, as this factor determines the choice of the buyer to purchase food products in favor of meat products. Meat processing companies should focus on gaining consumer confidence by optimizing the quality management system of products and production processes through the introduction of a system of standards such as: international standards ISO 9000, HACCP industry standards and others that allow not only quality control of production processes and finished products, but also to increase their level of safety for both the manufacturer and the consumer.

The introduction of a quality management system at meat processing enterprises according to the international standards ISO 9000 makes it possible to create a regulated mechanism of preventive measures against the emergence of claims to the quality of products. Leaders of the meat industry, such as Jubilee Meat Factory LLC, Lugansk-myaso CJSC, Globinsky Meat Factory LLC, Yatran Meat Factory LLC, focus on the impeccable quality of their own products. They harmonized quality standards with international ones by obtaining a certificate of conformity for the ISO 9001:2001 control system.

ISO (International Standard Organization) 9000 — algorithm for business procedures, which allows you to look at all stages of production and services by the company as a single quality management system, elements of which cover such areas of enterprise activity as product design and development, quality control of raw materials, purchase and purchase of raw materials or components, staff training, production process,

contract analysis, delivery of the finished product to the consumer, customer service and support, etc.

With the introduction of quality systems in accordance with the requirements of ISO standards, the company receives a number of benefits due to the reduction of the total share of costs by reducing the cost of detecting poor quality raw materials and eliminating product defects; introduction of mandatory documentation of the main processes, which affects the increase of executive discipline and reduction of low-quality products; the company's management will be able to make informed management decisions through more "transparent" activities of the company.

The ISO-9000 series of standards "Total quality management and quality assurance standards" contain a number of basic international ISO standards that are used in the establishment of quality and quality management systems and on the basis of which the relevant national standards are developed. The structure of the standards of the ISO-9000 series consists of the following basic standards, the name of which characterizes the direction of its application:

- ISO-9001 "Quality systems. Quality assurance model in design, development, production, installation and maintenance";
- ISO-9002 "Quality systems. Quality assurance model for installation and maintenance";
- ISO-9003 "Quality systems. Quality assurance model for final control and testing";
- ISO-9004 "General quality management and quality system elements".

The effectiveness of ISO-9000 standards is due to their close relationship between each of the basic standards (Fig.).

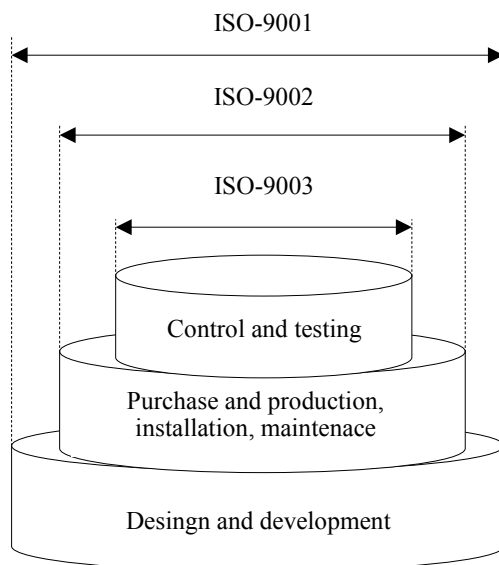


Fig. Interrelation of basic standards ISO-9000

The choice of a standard depends on the tasks set by the top management of the organization in the implementation of the quality system. The ISO-9001 standard covers all elements of the quality system, from design to product testing. The range of the ISO-9002 standard excludes the design process. The ISO-9003 standard excludes design, production and after — sales processes.

The peculiarity of ISO standards is that they have common sections, which are described in each of them. The identity of such sections in relation to the basic standards determines that when making changes to one of the standards, similar changes are made to others.

As for ISO standards, there are no such national documents for meat products. Only standards for control methods are available. Therefore, after the abolition of GOST, developed before 1992, all market operators were recommended to control products in accordance with harmonized standards. However, there are still some operators who do not want to be updated.

The introduction of a product quality management system in the company in accordance with the requirements of ISO 9000 opens up a number of opportunities for processing companies, the skillful use of which contributes to the achievement of truly new competitive advantages and the entry of their products into promising markets. The main ones are the following:

- increase of meat quality guarantees for their customers by meat processing enterprises. Thus, one of the most common violations in the production of meat products in the industry is the excessive introduction of starch (40% of products) or other stabilizers in their composition, which violates the requirements of state standards. The activities of companies in accordance with ISO 9000 standards strictly regulate compliance with the composition of the product in accordance with the restrictions regulated by the state in the relevant DSTU. Therefore, companies that manage the quality of their products in accordance with the requirements of ISO standards, can not violate restrictions on the composition of the product and thus guarantee the buyer the quality and safety of products for health, because such a guarantee will help the manufacturer not only retain existing consumers but also gain trust of promising potential consumers;

- cost savings. According to consultants of companies that have certified the quality management system in accordance with the requirements of ISO 9000 standards, the cost of implementing the system averages about 220 thousand dollars, but companies that use ISO 9000 standards, by increasing productivity and improving the technological process save from one to several hundred thousand dollars a year;

- increase in sales of the company's products on the market by improving the quality characteristics and shelf life. Thus, today in Ukraine new technologies for the production of sausages based on essential oils and bacterial preparations with the use of composite additives with bactericidal and antioxidant properties, which increase the level of safety and health benefits for consumers. This is confirmed by the fact that in recent years more than 100 tons of composite additives and about 52 thousand tons of sausages were produced with their use. In addition, storage of products in a modified gaseous environment by a new technology is becoming quite popular, which significantly limits the development of microorganisms in meat products, reduces the oxidation of fats, biologically active compounds and vitamins, slows down unwanted physicochemical

processes and increases time suitability of cooked sausages. By offering consumers a product that can be stored longer and is both high quality and safe for its health, the company has the opportunity to gain a competitive position in the market;

- change in the company's attitude to internal audit processes. Priority is given to product and process quality, creative approach to solving problems, objective self-assessment, making sound decisions based on the facts, the introduction of the most rational composition of documents, which is a guarantee of improving the quality of work and its results;

- simplification of the procedure for checking product quality when receiving orders. For organizations entering the foreign market, certification for compliance with ISO 9000 standards in many cases becomes mandatory. Because very often buyers are forced to carry out expensive processes of incoming control of consignments of meat products, many foreign companies, especially in Europe, require from their suppliers of goods and services a certificate confirming compliance with ISO 9000. The presence of a quality certificate, of course, will affect the selling price of the producer and the purchase price of meat and processed products by the consumer enterprise: some types of certified products are sold on average twice as expensive as non-certified ones. In the absence of a certificate due to the difficulties of incoming control, the buyer may refuse to enter into a contract with an uncertified company;

- opportunity to participate in national and international tenders. Today, in the single European market, more than half of the contracts are concluded by participating in tenders only if the supplier has a certificate certifying the implementation of a quality management system in accordance with the requirements of ISO 9000 standards;

- simplification of the procedure for obtaining a state order.

Maximizing a positive result for the company with the fullest use of opportunities provided by the implementation of a quality management system in accordance with the requirements of ISO 9000, is not possible without taking into account and minimizing the impact of threats that also accompany this process. These dangers can not only complicate the management of the company and for some time destroy the order of the production process, but also negatively affect the competitiveness of the enterprise in the market. The main ones are the following:

- Lack of a single point of view on the methodology for implementing the provisions of the updated standards due to different interpretations of the basic requirements for certification by the business entity and the bodies directly involved in certification;

- "information hunger" of enterprises regarding the documentation support of the information-analytical base focused on the implementation of updated systems in quality management due to the unwillingness of the main certification bodies to work on determining the compliance of quality systems at enterprises with new requirements. It is necessary to increase the requirements for certification bodies of quality systems and ensure the independence of their activities from the inspected enterprises, organization of special training of experts and re-accreditation of certification bodies taking into account their ability to certify quality systems according to ISO 9000 standards, as well as increase requirements for inspection control by their functioning;

- the possibility of unnecessary costs of the enterprise to pay for the working time of specialists who are removed from the main production process for activities related to the preparation and direct conduct of the pre-certification audit process;

- significant dependence of the degree of achievement of goals, the effectiveness of the measures taken on the knowledge, experience, analytical skills and intuition of management. According to some experts, the success of the implementation of ISO 9000 standards in large meat processing enterprises is 90% dependent on these factors;

- incomplete implementation of standards in the quality management system at the enterprise due to poor training of specialists of certification bodies and experts, as well as specialists of enterprises conducting internal inspections to work on the new version of ISO 9000 standards, lack of knowledge necessary for objective evaluation of innovations in these standards;

- the emergence of complications in the implementation of planned system improvements of the quality management system in the meat processing industry due to the lack of a sufficient number of qualified consultants on system management;

- exceeding the actual costs of certification over the planned due to the imperfection of the executive bodies that certify the quality management systems of enterprises in accordance with ISO 9000, which leads to an increase in the number of audits and, consequently, disruption of the normal functioning of the enterprise.

One of the main tasks for meat processing enterprises in implementing a quality management system in accordance with the requirements of ISO 9000 standards is a rationally constructed algorithm for implementing this process. The most optimal process of creating such a system can be divided into several stages:

Introduction of the HACCP system (Hazard Analysis and Critical Control Points) as, first of all, a safety system that provides for the systematic identification, assessment and control of hazards at critical points of the technological process of production in the meat industry.

Implementation of the ISO 9000 quality system at the meat processing plant and pre-certification training. The quality management system is certified, and therefore it must be created in advance or adjusted at the enterprise in accordance with the requirements of the ISO standard.

Carrying out a certification audit with mandatory conclusions on the compliance of the established quality management system with the standards on which its implementation was based. The stage involves conducting an external audit of the established quality management system for meat products in accordance with the requirements of ISO 9000 standards.

Support of the quality management system at the enterprise in working condition. After receiving the certificate, the meat company must constantly maintain the system in an active state, monitor all changes occurring in management processes as a result of initiating transformational actions from within, and as a response to changes occurring in the environment (eg, changes in legislation bases).

Therefore, the introduction and effective operation of the meat quality management system in accordance with the requirements of ISO 9000 standards should be implemented comprehensively, taking into account all the opportunities and threats that arise, and following a clear algorithm, which includes time intervals for completion, re-audits, involvement of external experts and intensification of internal services. In the case of positive dynamics of the results of the analysis of the activities of meat processing enterprises will be able to gain and maintain a high competitive position in the domestic market and enter the European market.

Conclusions

Meat processing companies should focus on gaining consumer confidence by optimizing the quality management system of products and production processes through the introduction of a system of standards such as: international standards ISO 9000, HACCP industry standards and others that allow not only quality control of production processes and finished products, but also to increase their level of safety for both the manufacturer and the consumer.

The introduction of the company's quality management system in accordance with ISO 9000 international standards at meat processing enterprises makes it possible to create a regulated mechanism of preventive measures against claims to the quality of products, helps to achieve truly new competitive advantages and enter their markets.

References

Chabanenko M. (2016). *The system of agrarian law of Ukraine: methodological principles of formation and development*. (Dissertation of the doctor of legal sciences). Yaroslav Mudryi National Law University, Kharkiv.

Dragan O. (2011). Formation of innovative strategy at the enterprises of the meat industry. *Economics of market relations*, 7, 158—162.

Dychakovska V. (2014). Meat stagnation. Access mode: <http://www.agrotimes.net/myasna-stagnacya.html>.

Kurman T. (2011). *Constitutional and legal principles of food security*. Materials of international scientific-practical conf. Problems of development of agrarian and land law of Ukraine. Kyiv: "Obrii".

Pavlenko O. (2015). Why the Ukrainian agricultural sector needs to learn in Norway. URL: <http://www.eurointegration.com.ua/experts/2015/11/25/7041186/33>.

Popov V. (2009). Trends in the development of the meat industry: expert opinion. *World of Products*, 10(59), 13—15.

Yemtsev V. (2012). Competitive environment and its influence on the development of meat processing enterprises. *Economics of agro-industrial complex*, 6, 4—8.

Zaremba P. (2005). Development of the meat processing industry of Ukraine: problematic issues and ways to solve them. *Bulletin of Economic Science of Ukraine*, 2(8), 124—126.

COMBINATION OF OZONIZATION, ULTRAVIOLET RADIATION AND HYDROGEN PEROXIDE INTRODUCTION IN WATER TREATMENT PROCESSES

V. Shtepa, A. Kozyr

Polesie State University

D. Alekseevskiy

Zaporizhzhya National University

N. Zaiets, A. Rohovyk

National University of Food Technologies

Key words:

*Nitrogen compounds
Oxidizer
Combined water
purification
Reduction*

Article history:

Received 26.03.2021
Received in revised form
09.04.2021
Accepted 23.04.2021

Corresponding author:

V. Shtepa

E-mail:

tppolless@gmail.com

ABSTRACT

The synergistic effect was investigated when using combined electrotechnological processes for water purification from nitrogenous compounds using the example of closed water supply installations for growing aquatic organisms. The work substantiates the modes and parameters of complex approaches to the removal of ammonium nitrogen, nitrites, nitrates from aqueous solutions.

The water was processed in an electrotechnical complex, where the processes of mechanical treatment, flotation, ozonation, UV irradiation and hydrogen peroxide supply were implemented. To reduce material consumption and increase the resource efficiency of the process, the structural diagram of the corresponding system has been improved using ozonation, UV irradiation and the supply of hydrogen peroxide. The processing time, the amount of added oxidant, and the exposure to irradiation per unit volume of water were controlled by the rate of solution flow through the reactor. In this case, a pH correction was performed using a chemical method. The ozonize provided ozone generation with a product productivity of 6 g/h. Treatment of aqueous solutions of a closed water supply installation for growing aquatic organisms included two basic approaches: treatment with a single oxidizer and treatment with a complex of reagents.

The research results have shown that the combination of ozonation, ultraviolet irradiation and the introduction of hydrogen peroxide in water treatment processes in electrotechnological systems enhance the efficiency of removing nitrogenous compounds (ammonium nitrogen, nitrites, nitrates). The used equipment for processing aqueous solutions corresponds to industrial, not laboratory samples, which will allow scaling such technological solutions to other objects: local treatment facilities, water treatment and additional purification of drinking water.

КОМБІНУВАННЯ ОЗОНУВАННЯ, УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ ТА ВНЕСЕННЯ ПЕРЕКИСУ ВОДНЮ В ПРОЦЕСАХ ВОДООЧИСТКИ

В. М. Штепа, О. В. Козирь

Поліський державний університет

Д. Г. Алексєєвський

Запорізький національний університет

Н. А. Заєць, А. В. Роговик

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено синергетичний ефект при використанні комбінованих електротехнологічних процесів очищення води від азотистих з'єднань на прикладі установок замкнутого водопостачання для вирощування гідробіонтів. Обґрунтовано режими і параметри комплексних підходів видалення з водних розчинів азоту амонійного, нітритів і нітратів.

Вода оброблялася в електротехнологічному комплексі, де реалізовані процеси механічної очистки, флоатації, озонування, УФ-опромінення і подачі перекису водню. Для зменшення матеріалозатратності і підвищення ресурсоефективності процесу вдосконалено структурну схему відповідної системи з використанням озонування, УФ-опромінення і подачі перекису водню. Час обробки, кількість внесеного окислювача та експозиція опромінення в одиницю об'єму води регулювалися швидкістю потоку розчину через реактор. При цьому хімічним способом виконувалася рН-корекція. Озонатор забезпечував генерацію озону з продуктивністю по продукту 6 г/год. Обробка водних розчинів установки замкнутого водопостачання з вирощування гідробіонтів включала два базові підходи: обробка одиничним окислювачем та обробка комплексом реагентів.

Результати досліджень показали, що комбінування в електротехнологічних системах озонування, ультрафіолетового опромінення та внесення перекису водню в процесах водоочистки підсилює ефективність видалення азотистих сполук (азот амонійний, нітрити, нітрати). Використане обладнання обробки водних розчинів відповідає промисловим, а не лабораторним зразкам, що дасть змогу масштабувати такі технологічні рішення на інші об'єкти (локальні очисні споруди, водопідготовку і доочистку питної води).

Ключові слова: азотисті сполуки, окислювач, комбінована водоочистка, редукція.

Постановка проблеми. Якісне очищення стічних вод від забруднювачів нині є обов'язковою вимогою нормативних документів, а для вирішення такого завдання необхідні додаткові значні капітальні вкладення (Мазоренко, Цапко & Гончаров, 2006). До найбільш поширених забруднювачів відносяться, зокрема, азотисті сполуки, які надходять на очисні споруди переважно у вигляді амонійного азоту, азоту нітратів, азоту нітритів і азоту, пов'язаного в органічних сполуках (Штриплинг & Туренко, 2005). Амонійний азот міститься в стічних водах у вигляді різних солей, а також у вигляді пов'язаного і вільного аміаку (NH₃)

(Гришин, Кошев & Бикунова, 2013). До негативних наслідків, спричинених наявністю в стічних водах сполук азоту, відносяться: розвиток планктону і водоростей у водоймищах, що провокує розвиток процесу евтрофікації; поява присмаків і запахів води; порушення кисневих режимів і життєдіяльності гідробіонтів; потрапляння в питну воду нітритів провокує онкологічні захворювання, нітратів — метгемоглобінемію у дітей; біологічне обростання трубопроводів і технологічного устаткування тощо (Долина, 2002).

При цьому одним з найбільш перспективних напрямків видалення азотистих сполук є комбінація різних методів водоочищення (Мазоренко, Цапко & Гончаров, 2006). Відповідно, обґрунтування комплексних схем впливу на водні розчини, зокрема з використанням сильних окислювачів (озону і перекису водню), є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях ряду авторів зазначено, що при використанні озону у водоочистці забезпечується зниження кольоровості і збільшення прозорості води; видалення присмаків і запаху сірководню; видалення заліза, марганцю та інших металів, окислення їх до нерозчинних сполук (Мазоренко, Цапко & Гончаров, 2006). При використанні значних доз озону окислюються і розкладаються фенольні сполуки, сполуки азоту (аміак), сірководню, ціанідів, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) та нафтопродуктів; значно поліпшуються комплексні показники вмісту органічних сполук і сумарного органічного вуглецю за рахунок високої окислювальної здатності (Штриплинг, Туренко, 2005; Долина, 2002).

Водночас зазначається, що перекис водню (H_2O_2) як реагент значно збільшує окисно-відновний потенціал (ОВП) водних об'єктів, загальмовує процес утворення і розвитку водоростей (Мазоренко, Цапко, Гончаров, 2006; Гришин, Кошев & Бикунова, 2013). Також припиняється хімічне перетворення неотруйних нітратів (NO_3) в отруйний газ (NO_2), а виділений атомарний кисень окисляє розчинену у воді органіку, перетворюючи її у вуглекислий газ (CO_2). Це актуально, оскільки великий вміст вуглекислого газу у воді знижує рН водойми, пригнічує утворення водоростей. Разом з тим використання перекису водню й аерації поліпшують процеси флотації.

Окремо необхідно зазначити, що визначено синергетичний ефект при використанні озонування і УФ-опромінення (Волков та ін., 2000). Вказується на такі позитивні ефекти: озонування підвищує прозорість води для ультрафіолетового випромінювання і скорочує експлуатаційні та капітальні витрати, пов'язані з системою ультрафіолетового опромінення; отримання багатофакторних процесів фотолітичного озонування з генерацій високореакційних окислювачів (Долина, 2002).

Аналіз результатів інших авторів підтвердив перспективність дослідження комбінованих електротехнологічних процесів водоочищення.

Мета дослідження: обґрунтування режимів і параметрів комбінованих електротехнологічних процесів видалення з водних розчинів азотистих сполук.

Матеріали і методи. Досліджуваний водний розчин являє собою воду з установки замкнутого водопостачання (УЗВ) для вирощування гідробіонтів. Для такого технологічного об'єкта видалення азотистих сполук надзвичайно важливе, оскільки забруднення води токсичними сполуками азоту в основному пов'язано з виділенням рибами амонію — чи не єдиного азотовмісного продукту катаболізму амінокислот (Мазоренко, Цапко & Гончаров, 2006). У результаті різних перетворень амонію виникають інші токсичні сполуки азоту — нітрити і

нітрати, аміак. Аміак є головним стресоутворюючим фактором. У риб, найбільш схильних до стресу (ослаблені екземпляри), блокується дихальний центр і настають незворотні явища, що призводять до загибелі. Згідно з існуючим галузевим стандартом (ГОСТ 15.372-87) максимальний вміст азоту у формі аміаку, нітратів і нітритів при вирощуванні осетрових не повинен перевищувати, відповідно, 0,05, 1,0 і 0,02 г/м.

Водний розчин оброблявся в електротехнологічному комплексі, де були реалізовані процеси механічної очистки, флотації, озонування, УФ-опромінення і подачі перекису водню.

На етапі проектування створена попередня структурна схема електротехнологічного комплексу водоочищення (рис. 1).

Аналіз технології електротехнологічного комплексу водоочищення обґрунтовує об'єднання в єдиному конструктивному виконанні реактора для змішування окислювачів і блоку УФ-опромінення, для зменшення матеріалозатратності і підвищення ресурсоефективності (рис. 2).

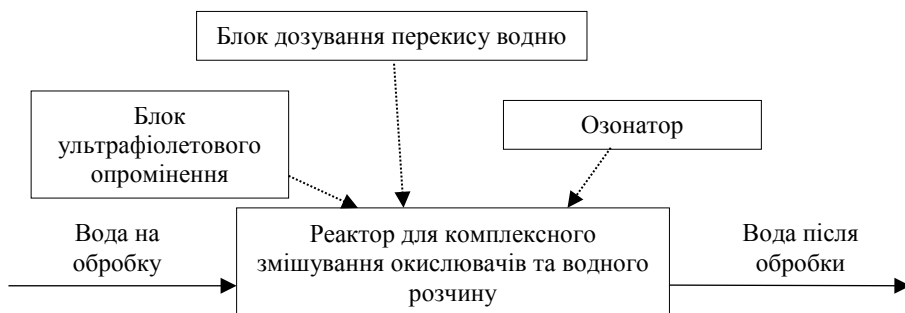


Рис. 1. Попередня структурна схема електротехнологічного комплексу водоочищення з використанням озонування, УФ-опромінення і подачі перекису водню

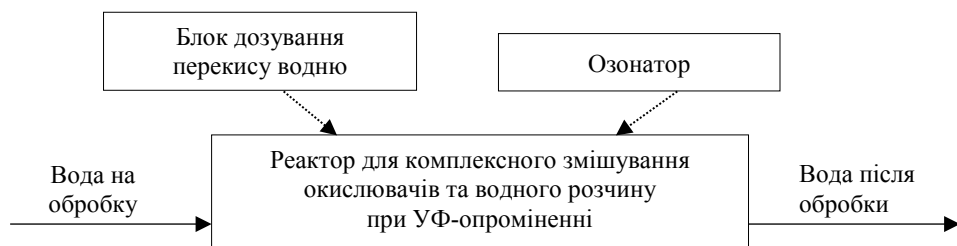


Рис. 2. Удосконалена структурна схема електротехнологічного комплексу водоочищення з використанням озонування, УФ-опромінення і подачі перекису водню

Час обробки, відповідно, кількість внесеного окислювача й експозиція опромінення в одиницю об'єму води, регулювалося швидкістю потоку розчину через реактор. При цьому хімічним способом виконувалася рН-корекція: підлужнення із застосуванням луґу NaOH, підкислення — кислоти HCl.

Озонатор забезпечував генерацію озону з продуктивністю по продукту 6 г/год. Основні характеристики блоку УФ-опромінення: працює на «бактерицидній» хвилі з частотою від 245 нм, потужність — 55 Вт.

Використовувався 3-відсотковий розчин перекису водню, де діюча речовина — перекис водню, допоміжні речовини — натрію бензоат і вода очищена. Кількості азотистих сполук у водних розчинах визначалися відповідно до методики Лур'є.

Викладення основних результатів дослідження. Обробка водних розчинів УЗВ включала два базові підходи: обробка одиничним окислювачем і обробка комплексом реагентів.

Показники води перед очищенням: рН — 7,5; окислювально-відновний потенціал (ОВП) — 133 мВ; азот амонійний — 2 мг/л; нітрити — 0,3 мг/л; нітрати — 40 мг/л.

Результати водоочищення представлені на рис. 3—9.

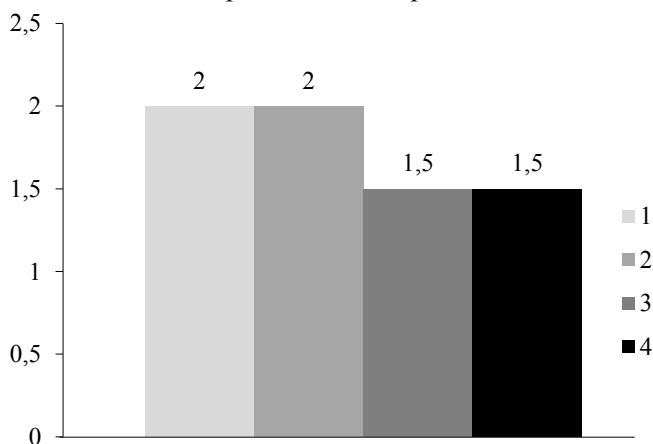


Рис. 3. Ефективність обробки водних розчинів за показником «азот амонійний»:
1 — вихідна вода; 2 — озонування протягом 8 хв; 3 — внесення 1 мл/л перекису водню (ефект оцінювався через 3 год); 4 — комплексна обробка озонуванням протягом 8 хв і внесення перекису водню

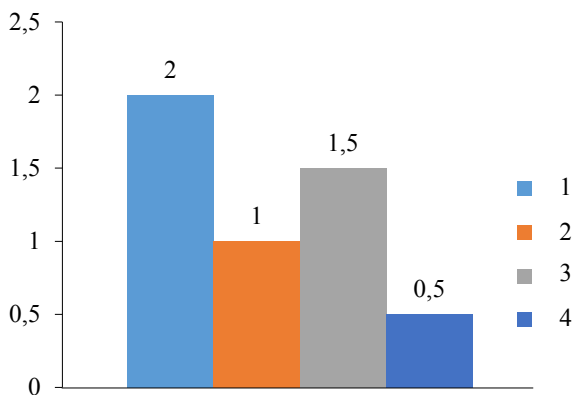


Рис. 4. Ефективність обробки водних розчинів за показником «азот амонійний»:
1 — озонування протягом 8 хв після підкислення (рН = 5,9); 2 — озонування протягом 8 хв після підлужування (рН = 9,9); 3 — комплексна обробка озонуванням протягом 15 хв і внесенням перекису водню (1 мл/л); 4 — комплексна обробка протягом 8 хв озонуванням і УФ-опроміненням при внесенні 1 мл/л перекису водню

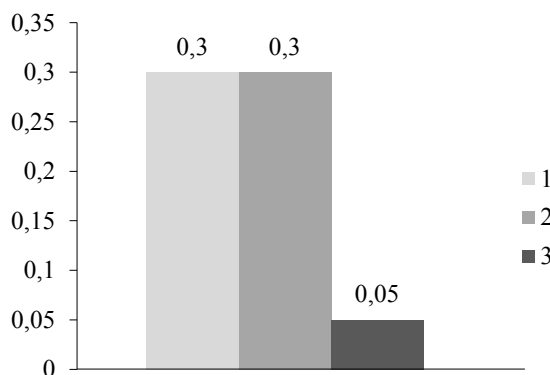


Рис. 5. Ефективність обробки водних розчинів за показником «нітриди»:
1 — вихідна вода; 2 — озонування протягом 8 хв; 3 — комплексна обробка озонуванням протягом 8 хв і внесенням перекису водню

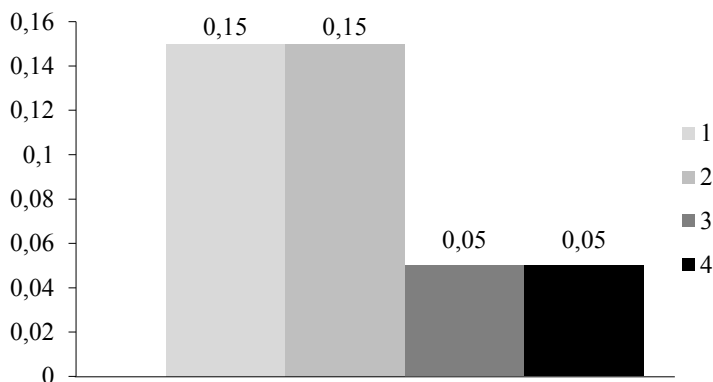


Рис. 6. Ефективність обробки водних розчинів за показником «нітриди»:
1 — озонування протягом 8 хв після підкислення (рН = 5,9); 2 — озонування протягом 8 хв після підлужування (рН = 9,9); 3 — комплексна обробка озонуванням протягом 15 хв і внесенням перекису водню (1 мл/л); 4 — комплексна обробка протягом 8 хв озонуванням і УФ-опроміненням при внесенні 1 мл/л перекису водню

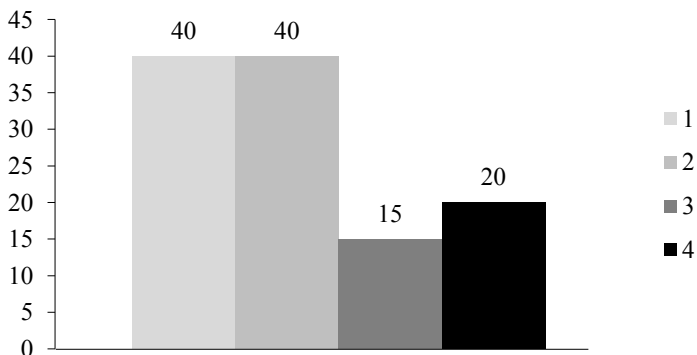


Рис. 7. Ефективність обробки водних розчинів за показником «нітрати»:
1 — вихідна вода; 2 — озонування протягом 8 хв; 3 — внесення 1 мл/л перекису водню (ефект оцінювався через 3 год); 4 — комплексна обробка озонуванням протягом 8 хв і внесенням перекису водню

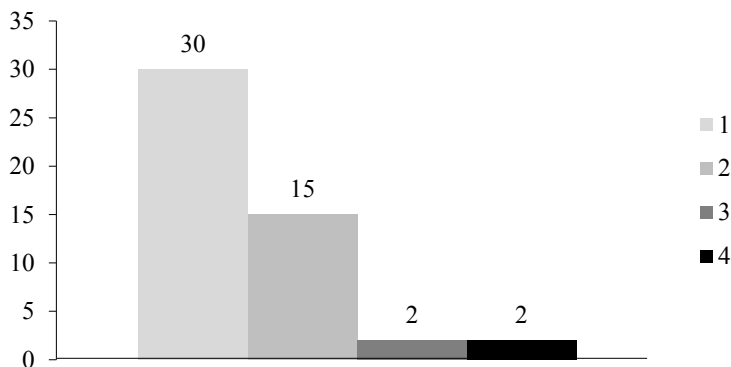


Рис. 8. Ефективність обробки водних розчинів за показником «нітрати»:
 1 — озонування протягом 8 хв після підкислення (рН = 5,9); 2 — озонування протягом 8 хв після підлужування (рН = 9,9); 3 — комплексна обробка озонуванням протягом 15 хв і внесенням перекису водню (1 мл/л); 4 — комплексна обробка протягом 8 хв озонуванням і УФ-опроміненням при внесенні 1 мл/л перекису водню

Найбільшу ефективність з видаленню азотистих сполук із ввідних розчинів продемонстрували комбіновані процеси водоочищення: об'єднання озонування, УФ-опромінення та внесення перекису водню (рис. 9).

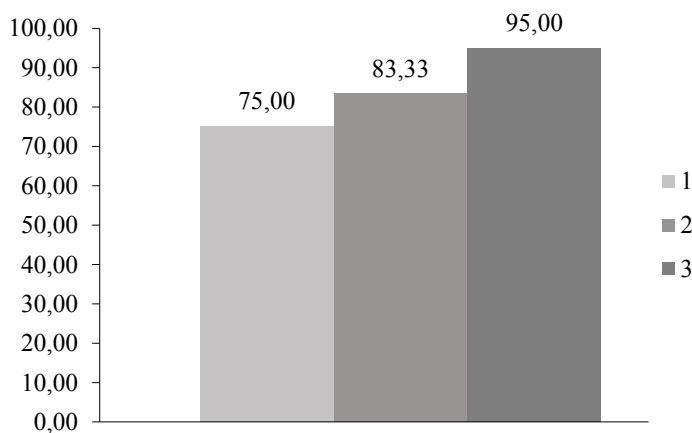


Рис. 9. Ступінь очищення водних розчинів від азотистих з'єднань комбінованими підходами (максимальна ефективність): 1 — видалення азоту амонійного (при комплексній обробці протягом 8 хв озонуванням і УФ-опроміненням з внесенням 1 мл/л перекису водню); 2 — видалення нітритів (при комплексній обробці протягом 8 хв озонуванням і УФ-опроміненням з внесенням 1 мл/л перекису водню і при комплексній обробці озонуванням протягом 15 хв і внесенням перекису водню (1 мл/л)); 3 — видалення нітратів (при комплексній обробці протягом 8 хв озонуванням і УФ-опроміненням з внесенням 1 мл/л перекису водню і при комплексній обробці озонуванням протягом 15 хв і внесенням перекису водню (1 мл/л))

Окремо необхідно зазначити, що результати (див. рис. 3—9) відповідають промисловим, а не лабораторним умовам: витрата води становили 7—15 м³/добу, блоки озонування і УФ-опромінення є серійними виробами. Тож пряме масштабування технологічних рішень на інші промислові об'єкти є цілком можливим.

Висновки

Комбінування в електротехнологічних системах озонування, ультрафіолетового опромінення та внесення перекису водню в процесах водоочистки підсилює ефективність видалення азотистих сполук (азот амонійний, нітрити, нітрати), що підтверджено на прикладі обробки води УЗВ з вирощування гідробіонтів. Редукція забруднювачів комплексного підходу вища, ніж дія окремих окислювачів (ефект синергії): максимальні редукції за азотом амонійним — 75%, за нітритами — 83,33%, за нітратами — 95%.

Ефективність водоочищення досягнута в промислових умовах, що дає змогу масштабувати такі технологічні рішення на інші об'єкти: локальні очисні споруди, водопідготовку і доочистку питної води.

Подальші дослідження передбачають побудову математичних моделей прогнозування синергетичних результатів при використанні різних способів обробки водних розчинів.

Література

Вертай С., Штепа В. (2016). Обоснование структуры и заданий системы поддержки принятия решений обобщённой оценки перспективности инновационных технологий. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, 240, 86—93.

Волков С., Костюченко С., Якименко А., Кондратьев И., Гришин С., Бугаев А. (2000). Обеззараживание сточных вод УФ-излучением. *Водоснабжение и сантехника*, 11, 11—13.

Гришин Б., Кошев А., Ласьков Н., Бикунова М. (2013). Удаление соединений азота из сточных вод с применением окислителей. *Региональная архитектура и строительство*, 2, 91—97.

Долина Л. (2002). *Проектирование станции очистки сточных вод населенного пункта*. Днепропетровск. Стандарт.

Мазоренко Д., Цапко В., Гончаров Ф. (2006). *Інженерна екологія сільськогосподарського виробництва*. Київ. Знання.

Штепа В. (2018). Обґрунтування робочої міри ефективності електротехнологічної водоочистки. *Енергетика і автоматика: науковий журнал*, 4, 99—111. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/11558>.

Штепа В., Гончаров Ф., Сироватка М. (2011) Обґрунтування та розробка критерію енергоефективності функціонування електротехнологічних систем водопідготовки. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, 161, 187—193.

Штепа В., Левчук А. (2018) Концепція управління обладнанням водоочистки с учетом доминирующего загрязнителя. *Агропанорама: научно-технический журнал*, 5, 33—38.

Штриплинг Л., Туренко Ф. (2005). *Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: учебное пособие*. Омск. ОмГТУ

COMPARISON OF METHODS FOR DETERMINING THE EQUIVALENT DIAMETER OF BULK MATERIALS

Y. Kharchenko, V. Chorniy

National University of Food Technologies

Key words:

*Bulk materials,
Equivalent diameter,
Pycnometer,
Density,
Method of determining*

Article history:

Received 10.03.2021
Received in revised form
24.03.2021
Accepted 07.04.2021

Corresponding author:

Y. Kharchenko
E-mail:
a-537@ukr.net

ABSTRACT

The dependence of the calculation of the mass-equivalent diameter of bulk materials was obtained in the article, as well as the research results of the equivalent diameter of bulk materials of irregular shape by pycnometric, sieve method and direct measurement of overall particle sizes were given.

The problem of determining the equivalent particle diameter of bulk materials of irregular shape was formulated.

The method of measuring the overall dimensions of particles by direct measurement and sieve method was given. The method of determining the density of solid and liquid materials using a pycnometer was described.

The dependence of the mass-equivalent diameter of bulk materials was derived and supplemented, taking into account the number of particles taken to measure the mass-equivalent diameter. The research results of equivalent diameter of kapron crumb, amber fraction, chickpea seeds and metal balls by different methods were given. The adequacy of the proposed dependence of the mass-equivalent diameter of bulk materials taking into account the number of particles taken for analysis was experimentally confirmed.

The density of the studied materials was for nylon crumb — 1.140 g/cm³; for crushed amber — 1.102 g/cm³; for chickpea seeds — 1.330 g/cm³ and for metal balls — 8.659 g/cm.

The equivalent diameter determined by the pycnometer was: for nylon crumb — 3.76 mm; for crushed amber — 3.09 mm; for chickpea seeds — 8.27 mm and for metal balls — 2.90 mm. Analysis of the results of determining the equivalent diameter of metal balls showed a high coincidence of the obtained values.

The article shows that the closer the shape of the particles approaches the spherical, the closer the values of the equivalent particle diameter were determined by different methods.

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОГО ДІАМЕТРА СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Є. І. Харченко, В. М. Чорний

Національний університет харчових технологій

У статті отримано залежність розрахунку масово-еквівалентного діаметра сипких матеріалів, а також наведено результати дослідження еквівалентного діаметра сипких матеріалів неправильної форми пікнометричним, ситовим методами і прямим вимірюванням габаритних розмірів частинок.

Сформульовано проблему визначення еквівалентного діаметра частинок сипких матеріалів неправильної форми. Наведено методуку вимірювання габаритних розмірів частинок прямим вимірюванням і ситовим методом. Описано методуку визначення густини твердих і рідких матеріалів за допомогою пікнометра.

Виведено та доповнено залежність масово-еквівалентного діаметра сипких матеріалів з урахуванням кількості частинок, узятих для вимірювання масово-еквівалентного діаметра. Наведено результати досліджень еквівалентного діаметра капронової крихти, фракції буриштину, насіння нуту та металевих кульок різними методами. Експериментально підтверджено адекватність запропонованої залежності масово-еквівалентного діаметра сипких матеріалів з урахуванням кількості частинок, узятих для аналізу.

Визначено густину досліджуваних матеріалів, яка становила для капронової крихти — $1,140 \text{ г/см}^3$; для подрібненого буриштину — $1,102 \text{ г/см}^3$; для насіння нуту — $1,330 \text{ г/см}^3$ і для металевих кульок — $8,659 \text{ г/см}^3$.

Еквівалентний діаметр, визначений за допомогою пікнометра, становив: для капронової крихти — 3,76 мм; для подрібненого буриштину — 3,09 мм; для насіння нуту — 8,27 мм і для металевих кульок — 2,90 мм. Аналіз результатів визначення еквівалентного діаметра металевих кульок показав високий збіг отриманих значень.

Показано, що чим більше форма частинок наближається до кулястої, тим більш близькі значення еквівалентного діаметра частинок, визначені різними методами.

Ключові слова: сипкі матеріали, еквівалентний діаметр, пікнометр, густина, метод визначення.

Постановка проблеми. Визначення еквівалентного діаметра твердих сипких матеріалів — важлива наукова проблема (Сантос, 2013; Arvaniti *et al*, 2015; Fumagalli, Derudi, Rota, Snoeys & Copelli, 2017; Lyu, Thomas, Hendriks & van der Poel, 2020; Norazirah, Fuad & Hazizan, 2016; Özer & Whiten, 2012; Pabst & Gregorova, 2007), тому що еквівалентний діаметр є характеристикою полідисперсної суміші частинок і використовується в оцінюванні ефективності подрібнення різних матеріалів (Кривенко, 2009; Черненко и др., 2014).

Для характеристики ефективності подрібнення сипких матеріалів застосовують ступінь подрібнення, який є відношенням середнього розміру частинок матеріалу до подрібнення до середнього розміру частинок матеріалу після подрібнення (Aisyah Zafirah, Roselina, Jinap & Norhayati, 2018; Derossi, Ricci, Caporizzi,

Fiore & Severini, 2018; Froidmont et al., 2008; Severini et al., 2015; Wu, Yamamoto & Izumi, 2016).

Якщо частинки матеріалу правильної форми, то визначення їх лінійних розмірів не викликає труднощів. Зазвичай, на практиці доводиться мати справу з матеріалами, форма яких значно відрізняється від ізометричної. В цих випадках при розрахунках ефективності подрібнення розмір частинок матеріалу неправильної форми умовно замінюють частинками з діаметром сфери, яка еквівалентна частинкам за об'ємом (Allen, 2003).

Існує ряд залежностей для розрахунку еквівалентного діаметра частинок у суміші (Масюткин, Просвирнин & Авдеев, 2012; Thomas, Charvet & Collin, 2017) залежно від ознаки, за якою проводиться визначення еквівалентного діаметра і застосовується відповідна формула. Залежність, за якою розраховують масово-еквівалентний діаметр сипких матеріалів (Масюткин, Просвирнин и Авдеев, 2012; Thomas, Charvet & Collin, 2017) не враховує кількості частинок у досліджуваній суміші матеріалу, тому ця формула дає результат еквівалентного діаметра сипкого матеріалу, віднесеного до загальної кількості частинок:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6m}{\pi\rho}}, \quad (1)$$

де m — маса матеріалу, г; ρ — густина матеріалу, г/см³.

Для оцінки ступеня подрібнення матеріалу необхідно знати усереднене значення полідисперсної суміші частинок, віднесеної до однієї частинки, а не до їх загальної кількості.

До розрахункової залежності (1) входить густина, що робить розрахунок масово-еквівалентного діаметра полідисперсного матеріалу простим і швидким порівняно з іншими методами за рахунок того, що густину твердого матеріалу можна визначити пікнометричним методом.

Має практичну цінність порівняння значень масово-еквівалентного діаметра визначеного пікнометричним та іншими методами.

Метою дослідження є виведення залежності масово-еквівалентного діаметра частинок, віднесеного до однієї частинки, та порівняння отриманих результатів з іншими методами визначення еквівалентного діаметра частинок.

Матеріали і методи. Для дослідження різних методів визначення еквівалентного діаметра обрано різні за хімічною будовою сипкі матеріали: капронову крихту, подрібнений бурштин, насіння нуту, металеві кульки однакового діаметра.

Еквівалентний діаметр капронової крихти, металевих кульок і насіння нуту визначали двома способами: прямим вимірюванням габаритних розмірів: (довжина, ширина, висота) та за допомогою пікнометра. Еквівалентний діаметр частинок бурштину визначали шляхом просіювання на решітних полотнах, пікнометричним методом, а також за допомогою пікнометра.

Пряме визначення габаритних розмірів частинок здійснювали шляхом вимірювання 30 зерен матеріалу за допомогою штангенциркуля 3-го класу точності.

Еквівалентний діаметр частинок матеріалу, виміряний штангенциркулем, розраховували як середньгеометричне значення з трьох лінійних розмірів за формулою:

$$D_e = \sqrt[3]{A \cdot B \cdot H}, \quad (2)$$

де A, B, H — відповідно, габаритні розміри сипкого матеріалу, мм.

Еквівалентний діаметр бурштину визначали ситовим аналізом. Із подрібненої суміші виділяли фракцію бурштину шляхом просіювання на решітних полотнах: проходом решітного полотна з діаметром отворів 4,0 мм та сходом решітного полотна з діаметром отворів 3,5 мм. Еквівалентний діаметр частинок бурштину розраховували за формулою:

$$d_e = \frac{d_1 + d_2}{2}, \quad (3)$$

де d_1, d_2 — відповідно, діаметр отворів решітних полотен, проходом і сходом яких отримано фракцію бурштину, мм.

Після виділення фракції бурштину, із неї відбирали 30 зерен, для яких визначали еквівалентний діаметр пікнометричним методом.

Пікнометричний метод визначення еквівалентного діаметра сипких матеріалів полягав у визначенні густини із подальшим розрахунком еквівалентного діаметра за виведеною формулою.

Для визначення масово-еквівалентного діаметра частинок пікнометричним методом брали ті самі 30 зерен, для яких було визначено габаритні розміри за допомогою штангенциркуля, з метою подальшого порівняння отриманих результатів на одному і тому ж матеріалі. Кількість частинок брали в такій кількості, щоб об'єм пікнометра був заповнений не більше ніж на 1/3.

Методика визначення густини твердого матеріалу полягає у визначенні густини рідини, в яку занурюють сипкий матеріал, а потім визначається густина сипкого матеріалу з урахуванням попередньо визначеної густини розчину.

Передусім визначалася густина гасу шляхом зважування маси порожнього пікнометра та пікнометра із гасом. Густина гасу розраховувалась за формулою:

$$\rho_{г.п} = \rho_r + \lambda \cdot \left(1 - \frac{\rho_r}{\rho_v} \right), \quad (4)$$

де $\rho_{г.п}$ — густина гасу з урахуванням поправок на густину повітря, $\lambda = 0,0012$ г/см³; ρ_r — густина гасу без урахування поправок, г/см³; ρ_v — густина дистильованої води, г/см³.

Гас використовувався лише для визначення густини насіння нуту, а для капронової крихти, бурштину та металевих кульок використовувалася дистильована вода. Визначення густини насіння нуту у воді неможливе через поглинання насінням вологи і подальшого його набухання у воді. Температура дистильованої води та гасу становила 21°C.

Показники якості насіння нуту характеризувалися такими значеннями: вологість — $8,9 \pm 0,19\%$, натура насіння нуту — $789,3 \pm 2,5$ г/л, маса 1000 насінин — $402 \pm 1,7$ г. Показники якості насіння визначали стандартними методами.

Густину дистильованої води ρ_v визначали з довідкових таблиць за відповідної температури, яку вимірювали ртутним термометром при атмосферному тиску повітря.

Густину гасу без поправок ρ_r розраховували за формулою:

$$\rho_r = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \cdot \rho_v, \quad (5)$$

де m_0 — маса пустого пікнометра, г; m_1 — маса пікнометра із дистильованою водою, г; m_2 — маса пікнометра із гасом, г; $\rho_{\text{в}}$ — густина дистильованої води, г/см³.

Густину сипких матеріалів визначали за допомогою пікнометра ТП-50ТС. Густину гасу визначали за допомогою пікнометра ПЖ-2.

Густину твердого матеріалу $\rho_{\text{т.м}}$ із поправками на повітря визначали за формулою (ISO, 2004; Blake & Hartage, 2018):

$$\rho_{\text{т.м}} = \rho_{\text{м}} + \lambda \cdot \left(1 - \frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{г.п}}} \right), \quad (6)$$

де $\rho_{\text{м}}$ — густина сипкого твердого матеріалу, г/см³.

Густину сипкого матеріалу $\rho_{\text{н}}$ без поправок на повітря визначали за формулою:

$$\rho_{\text{м}} = \frac{m}{m_{\text{г}} + m - m_3}, \quad (7)$$

де m — маса 30 зерен матеріалу, г; $m_{\text{г}}$ — маса пікнометра із гасом або водою, г; m_3 — маса пікнометра із гасом (водою) та сипким твердим матеріалом, г.

Для дослідження густини та еквівалентного діаметра металевих кульок брали 16 кульок однакового розміру.

Зважування проводили на технічних вагах 3-го класу точності ТВЕ-0,21.

Статистичний аналіз експериментальних даних здійснювали за загальноприйнятими методиками (Granato & Ares, 2014).

Результати і обговорення. Виведемо та доповнимо формулу для розрахунку масово-еквівалентного діаметра сипкого матеріалу.

Густина будь-якої речовини визначається за формулою:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (8)$$

де ρ — густина матеріалу, г/см³; m — маса матеріалу, г; V — об'єм матеріалу, см³.

Поняття еквівалентного діаметра вказує на те, що частинка приймається у вигляді кулі (Allen, 2003; Schmid, 2007) із діаметром D , відтак об'єм кулі визначається за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D^3}{6}, \quad (9)$$

де D — діаметр кулі, см.

Із формули (8) виразимо об'єм V через густину та масу матеріалу:

$$V = \frac{m}{\rho}. \quad (10)$$

У формулу (9) підставимо замість об'єму V формулу (10):

$$\frac{m}{\rho} = \frac{\pi \cdot D^3}{6}. \quad (11)$$

Із рівняння (11) виразимо діаметр частинок D :

$$D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot m}{\pi \cdot \rho}}. \quad (12)$$

Формула (12) є формулою масово-еквівалентного діаметра (Масюткин, Просвирнин и Авдеев, 2012; Thomas, Charvet & Collin, 2017).

Аналіз виведення формули (12) показує, що розрахований масово-еквівалентний діаметр відноситься до загальної кількості частинок і не дає уявлення про розмір еквівалентного діаметра окремої ідеалізованої частинки матеріалу через те, що не враховано кількість частинок у досліджуваній суміші. У формулі (12) маса частинок відноситься до їх загальної кількості. Для того, щоб еквівалентний діаметр був віднесений до розміру однієї усередненої (еквівалентної) частинки, необхідно розділити масу частинок на їх кількість, узятую для аналізу. Тоді формула масово-еквівалентного діаметра D_m з урахуванням кількості зерен в суміші, яка досліджується, матиме такий вигляд:

$$D_m = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot m}{\pi \cdot N \cdot \rho}} \cdot 10, \text{ мм.} \quad (13)$$

Необхідно зауважити, що формула (13) має межі застосування і може бути використана лише для тих сипких матеріалів, для яких можна підрахувати кількість частинок, узятих для визначення еквівалентного діаметра. Отримана формула не може бути використана для таких тонкодисперсних сипких продуктів, як мінеральний або органічний пил або будь-який вид борошна чи тонкодисперсного продукту.

Формула (13) дає змогу за допомогою пікнометра швидко і просто визначити еквівалентний діаметр невеликої кількості крупних частинок неправильної форми. Недоліком цього методу визначення еквівалентного діаметра є те, що необхідно застосовувати технічні ваги не менше третього класу точності.

Для підтвердження адекватності отриманої формули (13) розрахунку масово-еквівалентного діаметра проведено дослідження на різних сипких матеріалах із порівнянням результатів, які отримано іншими методами: прямим вимірюванням габаритних розмірів за допомогою штангенциркуля або просіюванням на решітних полотнах.

У табл. 1 наведено результати визначення густини та еквівалентного діаметра досліджуваних сипких матеріалів отриманих різними методами.

Таблиця 1. Результати дослідження еквівалентного діаметра сипких матеріалів

Матеріал	Густина, ρ , г/см ³	Еквівалентний діаметр частинок, визначений пікнометричним методом, d_e , мм	Еквівалентний діаметр частинок, визначений прямим вимірюванням, d_e , мм
Капронова крихта	1,140±0,05	3,76±0,06	3,3±0,05
Бурштин подрібнений	1,102±0,1	3,09±0,09	3,75±1,4*
Насіння нуту	1,330±0,08	8,27±0,01	8,15±0,3
Металеві кульки (сталь)	8,659±0,007	2,90±0,007	2,95±0,05

Примітка: значення отримано шляхом просіювання бурштину на решітних полотнах.

Капронова крихта являла собою короткі циліндри з поперечним перерізом у формі кола. Бурштин мав видовжені тонкі частинки неправильної форми у вигляді пластинок або кристалів. Насіння нуту мало неправильну форму, близьку до кулі.

Із даних табл. 1 видно, що чим більше частинки матеріалу наближаються до правильної ізометричної форми, тим більший збіг результатів визначення еквівалентного діаметра різними методами. Найбільший збіг еквівалентного діаметра спостерігається для металевих кульок, а найменший — для бурштину. Розбіжності значень еквівалентного діаметра частинок подрібненого бурштину, отриманих різними методами, можна пояснити тим, що частинки є плоскими, видовженими і частково сплюсненими, довжина і ширина частинок перевищують їх висоту. При таких габаритних розмірах решітне полотно поділяє частинки за довжиною та шириною і не враховується висота частинок. Це призводить до того, що не всі частки подрібненого бурштину просіюються крізь решітне полотно і залишаються у сходовій фракції, що й вносить похибку у величину еквівалентного діаметра.

Насіння нуту близьке до кулястої форми, тому й значення вимірювання еквівалентного діаметра також близькі до значень, які отримано пікнометричним методом. Насіння нуту має неоднорідну густину, тому отримане значення густини також є усередненим для нуту з урахуванням оболонки та його ядра. Це, у свою чергу, також може вносити похибку у вимірювання еквівалентного діаметра пікнометричним методом.

Для капронової крихти також спостерігається відхилення значень еквівалентного діаметра, отриманого різними методами. Відхилення значень еквівалентного діаметра можна пояснити тим, що за рахунок відхилення форми капронової крихти від кулястої отримані результати мали більші розбіжності між двома методами вимірювання еквівалентного діаметра.

Слід зазначити, що досліджувані суміші частинок були різними за габаритними розмірами, тому отримані значення є усередненими значеннями усієї дискретної суміші частинок, за винятком металевих кульок. Металеві кульки були одного діаметра і використані як контрольний зразок для порівняння двох різних методів.

Високий збіг значень еквівалентного діаметра металевих кульок свідчить про адекватність виведеної залежності (13). На основі цього можна рекомендувати пікнометричний метод для визначення еквівалентного діаметра суміші частинок сипкого матеріалу.

Пікнометричний метод визначення еквівалентного діаметра сипких матеріалів дає добрі результати вимірювання для тих матеріалів, для яких немає можливості визначити еквівалентний діаметр шляхом прямого вимірювання габаритних розмірів або частинки мають суттєво неправильну форму, що створює значні труднощі для вимірювання еквівалентного діаметра досліджуваної суміші. На думку авторів, пікнометричний метод визначення еквівалентного діаметра сипких матеріалів дає кращі результати, ніж ситовий метод. За потреби встановлення еквівалентного діаметра суміші частинок неправильної форми пікнометричний

метод є більш ефективним, ніж ситовий метод аналізу або пряме вимірювання габаритних розмірів частинок.

Висновки

Пікнометричний метод визначення еквівалентного діаметра сипких матеріалів показав добрий збіг значень із прямими методами визначення еквівалентного діаметра. Експериментально підтверджено адекватність залежності масово-еквівалентного діаметра сипких матеріалів з урахуванням кількості частинок, узятих для визначення еквівалентного діаметра.

Чим ближче розмір частинок до правильної кулястої форми, тим вищий збіг результатів вимірювання еквівалентного діаметра. Пікнометричний метод визначення еквівалентного діаметра суміші частинок можна рекомендувати для визначення еквівалентного діаметра полідисперсних сумішей частинок неправильної форми.

Література

Кривенко С. В. (2009). Аналіз полідисперсності сыпучих материалів. *Наукові праці ДонНТУ. Металургія*, 11(159), 13—23.

Масюткин Е. П., Просвирнин В. И., Авдеев Б. А. (2012). Влияние формы золь на эффективность очистки дисперсных систем. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 5/8(59), 52—57.

Сантос М. Р. (2013). Определение эквивалентных размеров частиц при гранулометрическом анализе молотого кофе. *Вестник ТвГТУ*, 84(23), 24—28.

Черненко А. С., Зинченко Ю. А., Калинин В. В., Косолап Н. В. (2014). Определение дисперсного состава и формы частиц методом цифровой микроскопии. *Физика аэродисперсных систем*, 51, 115—123.

Aisyah Zafirah M. D., Roselina K., Jinap S. and Norhayati H. (2018). Effect of fat content and grinding level of cocoa nibs on physicochemical characteristics of espresso cocoa. *International Food Research Journal*, 25(3), 1239—1245.

Allen T. (2003). *Powder Sampling and Particle Size Determination*. Oxford, UK: Elsevier Science.

Arvaniti E. C., Juenger M. C. G., Bernal S. A. et al (2015). Determination of particle size, surface area, and shape of supplementary cementitious materials by different techniques. *Materials and Structures*, 48, 3687—3701.

Blake G. R., Hartage K. H. (2018). *Particle Density, Methods of Soil Analysis: Part I. Physical and Mineralogical Methods*. In A. Klute (2nd Ed.). ASA — SSSA, (Chapter 14).

Granato D., Ares G. (2014). *Mathematical and Statistical Methods in Food Science and Technology*. John Wiley and Sons.

Derossi A., Ricci A., Caporizzi R., Fiore A., Severini C. (2018). How grinding level and brewing method (Espresso, American, Turkish) could affect the antioxidant activity and bioactive compounds in a coffee cup. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(8), 3198—3207.

Froidmont E., Bonnet M., Oger R., Decruyenaere V., et al (2008). Influence of the grinding level and extrusion on the nutritional value of lupin seed (*Lupinus albus*) for cattle in the context of the Dutch protein evaluation system. *Animal Feed Science and Technology*, 142, 59—73.

Fumagalli A., Derudi M., Rota R., Snoeys J. & Copelli S. (2017). Prediction of the deflagration index for organic dusts as a function of the mean particle diameter. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 50, 67—74.

ISO (2004). 1183-1:2004(E) Plastics — Methods for determining the density of noncellular plastics — part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method, Geneva, Switzerland.

Lyu F., Thomas M., Hendriks W. H. & van der Poel A. F. B. (2020). Size reduction in feed technology and method for determining, expressing and predicting particle size: A revive. *Animal Feed Science and Technology*, 261, 1—20.

Norazirah A., Fuad S. H. S., Hazizan M. H. M. (2016). The Effect of size and shape on breakage characteristic of mineral. *Procedia Chemistry*, 19, 702—708.

Özer C. E., Whiten W. J. (2012). A multi-component appearance function for the breakage of coal. *International Journal of Mineral Processing*, 104—105, 37—44.

Pabst W., Gregorova E. (2007). *Characterization of particles and particle systems*. Prague: ICT.

Severini C., Ricci I., Marone M., Derossi A., De Pilli T. (2015). Changes in the aromatic profile of espresso coffee as a function of the grinding grade and extraction time: A study by the electronic nose system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 2321—2327.

Schmid O., Karg E., Hagen D. E., Whitefield P. D., Ferron G. A. (2007). On the effective density of non-spherical particles as derived from combined measurements of aerodynamic and mobility equivalent size. *Aerosol Science*, 38, 431—443.

Thomas D., Charvet A., Collin J. C. A. (2017). *Aerosol Filtration*. (1st Ed.) ISTE Press — Elsevier.

Wu Y., Yamamoto H., Izumi A. (2016). Experimental investigation on crushing of granular material in one-dimensional test. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 60(1), 27—36.

PHASE TRANSITIONS

O. Shevchenko, A. Sokolenko, I. Maksymenko, K. Vasylykivsky

National University of Food Technologies

Key words:

*Phase transition
Pressure
Equilibrium
Vacuum
Thermodynamics
Energy exchange
Le Chatelier principle*

Article history:

Received 18.03.2021
Received in revised form
08.04.2021
Accepted 22.04.2021

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The paper gives an overview of the peculiarities of the existence of thermodynamic systems in equilibrium states and in the modes of transient processes, which in a significant number of cases correspond to phase transitions of the first type.

It was shown that the input material flows of the main raw materials and the flows of additional provision with the corresponding material resources were at the same time carriers of energy potentials, which should be preserved as much as possible and represented in the products of enterprises. Transformations of these internal potentials occur including under the influence of external energy flows.

There were two groups in the estimates of the internal energy of systems in the forms of transition from one system to another. The first included the form of the transition of motion by thermal conductivity, and the measure of motion was heat. The general measure in the second group of motion transmission was work.

Stabilization of pressure in the system in the phase transition mode meant temperature stabilization during the processes of condensation or evaporation, which allowed to stabilize the energy exchange processes both in the direction of heat input into the system and, conversely, output from it.

The intensity of the phase transitions was determined by the values of the driving factors in the form of differences in temperature, concentration, pressure, special conditions. In special discrete-pulse technologies, the depth of entry (introduction) of the medium to the unbalanced state and the speed of forced transfer to it were crucial.

Technologies of vacuum processing of berry, fruit and vegetable products allowed to reach modes of phase transitions including at the expense of initial power potentials of the processed media. These technologies were also based on the transfer of media to unbalanced states, and the effects of processing were associated with the formation of the vapor phase of the liquid component, the destruction of cell membranes and the accelerated release of the liquid phase.

ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ

О. Ю. Шевченко, А. І. Соколенко, І. Ф. Максименко, К. В. Васильківський
Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано особливості існування термодинамічних систем в станах рівноваги і в режимах перехідних процесів, які в значній кількості випадків відповідають фазовим переходам першого роду.

Показано, що вхідні матеріальні потоки основної сировини і потоки додаткового забезпечення відповідними матеріальними ресурсами одночасно є носіями енергетичних потенціалів, які мають бути максимально збережені і представлені у продукції підприємств. Трансформації цих внутрішніх потенціалів відбуваються, зокрема, і під дією зовнішніх енергетичних потоків.

Оцінки внутрішньої енергії систем у формах переходу від однієї системи до іншої поділяються на дві групи. До першої входить форма переходу руху шляхом теплопровідності, а мірою руху є теплота. Загальною мірою у другій групі передавання руху є робота.

Стабілізація тиску в системі в режимі фазового переходу означає стабілізацію температури за здійснення процесів конденсації або випаровування, що дає змогу стабілізувати процеси енергообміну як у напрямку введення теплоти в систему, так і, навпаки, виведення з неї.

Інтенсивність перебігу фазових переходів визначається значеннями рушійних факторів у формі перепадів температур, концентрацій, тисків, особливих умов. У спеціальних дискретно-імпульсних технологіях вирішальне значення має глибина входження (введення) середовища до незрівноваженого стану і швидкість примусового переведення до нього.

Технології вакуумної обробки ягідної, плодової і овочевої продукції забезпечують досягнення режимів фазових переходів, зокрема і за рахунок початкових енергетичних потенціалів оброблюваних середовищ. В основі цих технологій також лежить переведення середовищ до незрівноважених станів, а ефекти обробки пов'язані з утворенням парової фази рідинної компоненти, руйнуванням клітинних оболонок і прискореним виділенням рідинної фази.

Ключові слова: *фазовий перехід, тиск, рівноважний стан, вакуум, термодинаміка, енергообмін, принцип Ле Шательє.*

Постановка проблеми. Фізичні прояви вакуумування рідинних, вологонасичених середовищ або середовищ з іншими зрідженими фазами речовин відгукується на різкі зміни тисків на рівнях, які можуть відповідати фазовим переходам. У сучасних дослідженнях робляться спроби досягнення впливів на хімічний склад кленового соку та сиропу (Lagacé та ін., 2019) за рахунок вакуумування, поєднання ультразвукової та НВЧ-обробки з вакуумним смаженням скибочок фруктів (Faruq, Zhang & Adhikari, 2019), використання технології вакуумної дистиляції при екстрагуванні ефірних масел (Wu та ін., 2019). Позитивні результати досягнуто в технологіях обробки сировини рослинного походження на основі застосування імпульсних електричних полів з мікрохвильовим вакуумним сушінням (Nowaska та ін., 2019).

Концентрація апельсинового соку потребує відповідних енергетичних витрат, що приводять до необхідності сполучення процесів омичного нагрівання з вакуумуванням (Darvishi, Mohammadi, Fadavi, Saba & Behroozi-Khazaei, 2019). Ультразвукове сушіння нектарину, поєднане з вакуумуванням, показало перспективи щодо зниження сукупності енергетичних витрат і підвищення якісних показників продукції.

Пошуки поглиблених впливів стосуються поєднання вакуумування, вібрацій, інфрачервоних впливів за сушіння *Cissus quadrangularis Linn.* (Thanimkarn, Cheevitsopon & Jongyingcharoen, 2019) з досягненням термічної рекуперації.

У (Zhu, Geng & Sun, 2019) зазначається, що імпульсно-вакуумні технології в процесах засолки рибної продукції активно впливають на перебіг процесів. При вирішенні важливих завдань швидкоплинного охолодження середовищ вакуумування є перспективним чинником (Martins, Chada & Pena, 2019). Інтенсифікація випаровування шляхом декомпресії до вакууму (Nader & Louka, 2018) використана для відновлення й текстурування частково знежиреного арахісу.

Високий рівень точності регулювання рівнів енергетичних впливів за рахунок вакуумування є значною перевагою технологій на цій основі (Belkova та ін., 2018; Deng, Chen, Tian, Miao & Zheng, 2019). Поширення інформації щодо перспектив використання імпульсних змін тисків у середовищах харчових виробництв потребує більш глибокого вивчення особливостей перебігу перехідних процесів та їх фізичного й термодинамічного підґрунтя. В основу цих організованих явищ покладаються можливості переведення середовищ до незрівноважених станів за рахунок створення перепадів рушійних факторів і факторів опору як прояв принципу Ле Шательє.

Мета дослідження: пошук перспективних напрямків використання вакуумних технологій з досягненням потенціалів внутрішніх енергетичних і матеріальних ресурсів при переробці сировинних потоків харчових виробництв.

Матеріали і методи. В основі дослідження — класичні положення технічної термодинаміки, особливості перебігу фазових переходів та їх енергетичного супроводження.

Викладення основних результатів дослідження. Перебування будь-якої системи у стані рівноваги означає, що сукупність термодинамічних, механічних або хімічних параметрів, які їй притаманні, у часі не змінюється. Такими є, наприклад, однорідні газові або рідинні середовища з однаковими параметрами тиску й температури в усіх частинах.

Якщо системою вважати сукупність компонентів у ній, то більшість середовищ харчових технологій підпадають під це визначення. Виведення будь-якої системи із стану рівноваги означає наявність зовнішнього механічного, теплового або іншого втручання. При цьому виконання технологічних перетворень узгоджується із зовнішніми впливами для досягнення заданих напрямків реакції системи.

Відомо, що дії таких факторів впливу, як тиск, концентрація компонента й температура, як і будь-яких інших на систему, що знаходиться у стані рівноваги, відображує принцип Ле Шательє-Брауна у відомому формулюванні, за яким

прояв зовнішньої дії супроводжується самопливним процесом, що компенсує такий вплив.

Речовини за певних змін та співвідношень тисків і температур можуть переходити з одного агрегатного стану в інший. Такі трансформації, що відбуваються за сталих температур, відповідають фазовим переходам першого роду. Кількість теплоти, яку речовина отримує із зовнішнього середовища або віддає йому в такому процесі, відповідає прихованій теплоті фазового переходу.

Фазові переходи супроводжуються змінами густини речовини, термодинамічних потенціалів, ентропій у стрибкоподібній формі. До прикладів відносяться випаровування, конденсація, плавлення, кристалізація, поліморфні перетворення тощо.

Якщо в умовах гетерогенної системи відсутні хімічні взаємодії, а можливими є лише фазові переходи за сталих показників температури і тиску, то вона перебуває в стані фазової рівноваги. Остання характеризується певним числом фаз, компонентів і числом ступенів термодинамічної вільності системи. При цьому компонентом є фізично однорідна складова частина, яка може бути видалена з системи та існувати за її межами. Число незалежних компонентів системи визначається різницею між числом компонентів і числом можливих хімічних реакцій між компонентами.

Числу ступенів вільності відповідає число параметрів системи, які можуть бути одночасно довільно змінені в певних межах без зміни числа і природи фаз. За Дж. Гіббсом, число ступенів вільності рівноважної термодинамічної системи S дорівнює числу незалежних компонентів системи K мінус число фаз Φ плюс число зовнішніх факторів впливу.

Для системи із зовнішніми факторами впливу тільки температури й тиску запишемо:

$$S = K - \Phi + 2. \quad (1)$$

Класифікація системи здійснюється за числом компонентів (одно-, двокомпонентної тощо), числом фаз (одно-, двофазні тощо) і числом ступенів вільності (інваріантні, моно-, двоваріантні тощо). В оцінках систем з фазовими переходами використовуються графічні залежності стану системи залежно від зовнішніх умов (діаграми стану). Аналіз діаграм стану дає змогу визначити число фаз у системі, межі їх існування і характер взаємодій компонентів. В основі аналізу мають місце принципи неперервності та принцип відповідності.

Відповідно до принципу неперервності за неперервних змін параметрів стану всі властивості окремих фаз змінюються також неперервно до тих пір, поки не зміниться число фаз або природа фаз у системі, що призводить до стрибкоподібних змін властивостей системи.

У дослідженнях впливів фазових переходів на системи перспективною є оцінка змін параметрів за змін зовнішніх умов. Повернувшись до рівняння Клапейрона-Клаузіуса, запишемо його у формі:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{r_{\phi,п}}{T_{\phi,п} \cdot \Delta V_{\phi,п}}, \quad (2)$$

де $\Delta V_{\text{ф.п}} = V_2 - V_1$ — зміна молярного об'єму речовини за фазового переходу (при цьому V_2 відноситься до стану, перехід до якого супроводжується поглинанням теплоти); $r_{\text{ф.п}}$ — теплота фазового переходу.

Оскільки молярний об'єм пари набагато більший за молярний об'єм тієї ж речовини в рідинному або твердому стані ($V_{\text{п}} \gg V_{\text{р}}; V_{\text{п}} \gg V_{\text{т}}$), то умова (2) набуває такого вигляду для окремих випадків випаровування і перегонки:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{r_{\text{ф.п}}}{T_{\text{ф.п}} V_{\text{г}}} \quad (3)$$

Для багатьох речовин теплота пароутворення або перегонки в значному інтервалі температур стала, що дає змогу умову (3) проінтегрувати:

$$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \frac{r_{\text{ф.п}}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right), \quad (4)$$

де R — універсальна газова стала, кДж/(кг·К).

Оскільки густина води більша за густину льоду, то плавлення останнього супроводжується зменшенням об'єму ($\Delta V < 0$). Звідси випливає, що збільшення тиску знижує температуру фазового переходу «тверде тіло — рідина». Окрім води, ця особливість також стосується вісмуту, через що вони отримали назву «аномальних» речовин.

Як зазначалося, вакуумування рідинних фаз або середовищ з наявністю вологи приводить до порушення умови рівноважного стану. Розглянемо умови термодинамічних трансформацій систем, рідинна фаза яких до вакуумування знаходилася в стані рівноваги за відомих значень початкового тиску $P_{(н)}$ і початкової температури $t_{(н)}$.

Енергетичний потенціал такої системи складає значення:

$$E_{(н)} = m_{(н)} c t_{(н)}, \text{ кДж}, \quad (5)$$

де $m_{(н)}$ — початкова маса рідинної фази. Надалі враховуємо її як одиничну масу.

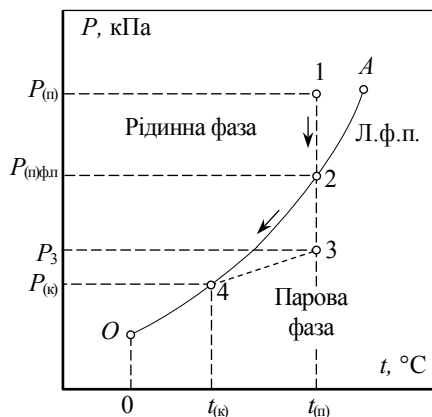


Рис. 1. Діаграма стану рідинної фази середовища в процесі фазового переходу: Р.ф. — зона рідинної фази; Л.ф.п. — лінія фазового переходу; $P_{(н)ф.п}$ — початковий тиск фазового переходу

Аналіз до діаграми стану рідинної фази (рис. 1) підтвердив, що в результаті вакуумування і зниження тиску досягається режим фазового переходу. Динаміка зниження тиску в системі може бути різною за ізотермою 1—2 до значення початкового тиску фазового переходу $P_{(n)ф.п.}$, однак швидкоплинне зниження за значення $P_{(n)ф.п}$ означає більш глибоке входження системи до нерівноважного стану і більш інтенсивний перебіг фазового переходу.

Стабілізація кінцевого тиску $P_{(к)}$ означає досягнення кінцевої температури $t_{(к)}$ і перехід системи до нового стану термодинамічної рівноваги. Наявність сукупності даних $P_{(к)}$ і $t_{(к)}$ дає змогу визначити кінцевий енергетичний потенціал середовища:

$$E_{(к)} = m_{(n)} ct_{(к)}, \text{ кДж}, \quad (6)$$

а різниця значень ΔE визначає величину енергетичного імпульсу, що мав місце в організованому режимі переходу:

$$\Delta E = E_{(n)} - E_{(к)} = m_{(n)} ct_{(n)} - m_{(n)} ct_{(к)}, \text{ кДж}. \quad (7)$$

Надалі вважаємо за можливе системі залишатися у вакуумованому стані або здійснювати перехід до початкового тиску $P_{(n)}$. При цьому той чи інший вибір величину енергетичного впливу не змінює.

Звернемося до числового прикладу зазначених трансформацій за таких значень: $P_{(n)} = 0,1 \text{ Мпа}$, $t_{(n)} = 50^\circ\text{C}$ з оцінкою значень енергетичних імпульсів, що відповідають кінцевим тискам $P_{(к)}$ і відповідним температурам $t_{(к)}$. Тоді початковий енергетичний потенціал складає:

$$E_{(к)} = 1,0 \cdot 4,19 \cdot 50 = 209,5, \text{ кДж/кг}. \quad (8)$$

Таблиця. Результати розрахунків з визначення енергетичних імпульсів

$P_{(к)}/t_{(к)}$	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001
	49,5	47,7	45,83	43,8	41,5	39,0	36,2	32,9	28,5	22,1	14,9	6,98
$E'_{(к)}$, кДж	206,94	199,68	191,84	183,28	173,87	163,38	151,50	137,77	121,40	101,0	73,45	29,33
ΔE , кДж	0,0	7,3	15,1	23,7	33,1	43,6	55,4	69,2	85,5	105,9	147,0	199,9
$\Delta m_{(к)}$	0,0	0,003	0,0063	0,009	0,013	0,018	0,023	0,029	0,035	0,044	0,058	0,082

Значення $E'_{(к)}$ в таблиці записано без урахування зниження кінцевої маси $m_{(к)}$, хоча воно наявне в системі. Для такого обчислення $\Delta m_{(к)}$ скористаємося залежністю:

$$\Delta m_{(к)} = \frac{2\Delta E}{r_{(п)} + r_{(к)}}, \text{ кг} \quad (9)$$

де $r_{(п)}$ і $r_{(к)}$ — відповідне початкове і кінцеве значення теплоти фазового переходу в перебігу процесу.

За планового зниження тиску в системі по ізотермі 1—2 (рис. 2) до значення $P_{(n)ф.п}$ розпочинається зниження температури. Утворення парової фази може відбуватися на рівні повнооб'ємної швидкоплинної події за умови обмеженого гідростатичного тиску. Повисотна депресія за показником гідростатичного тиску в якійсь мірі нівелюється різницею тисків $P_3 - P_2$. Взаємодія генерованої парової фази з рідиною визначає загальний рівень гідродинамічного стану середовища, інтенсивність якого залежить, зокрема, і від часу перебігу процесу. За наявності у середовищі твердої фази клітинної структури (ягоди, фрагменти фруктів, овочів

тощо) утворення пари супроводжується руйнуванням оболонок клітинних структур з активним виділенням їх внутрішніх компонентів на користь технологічної обробки середовища на наступних етапах.

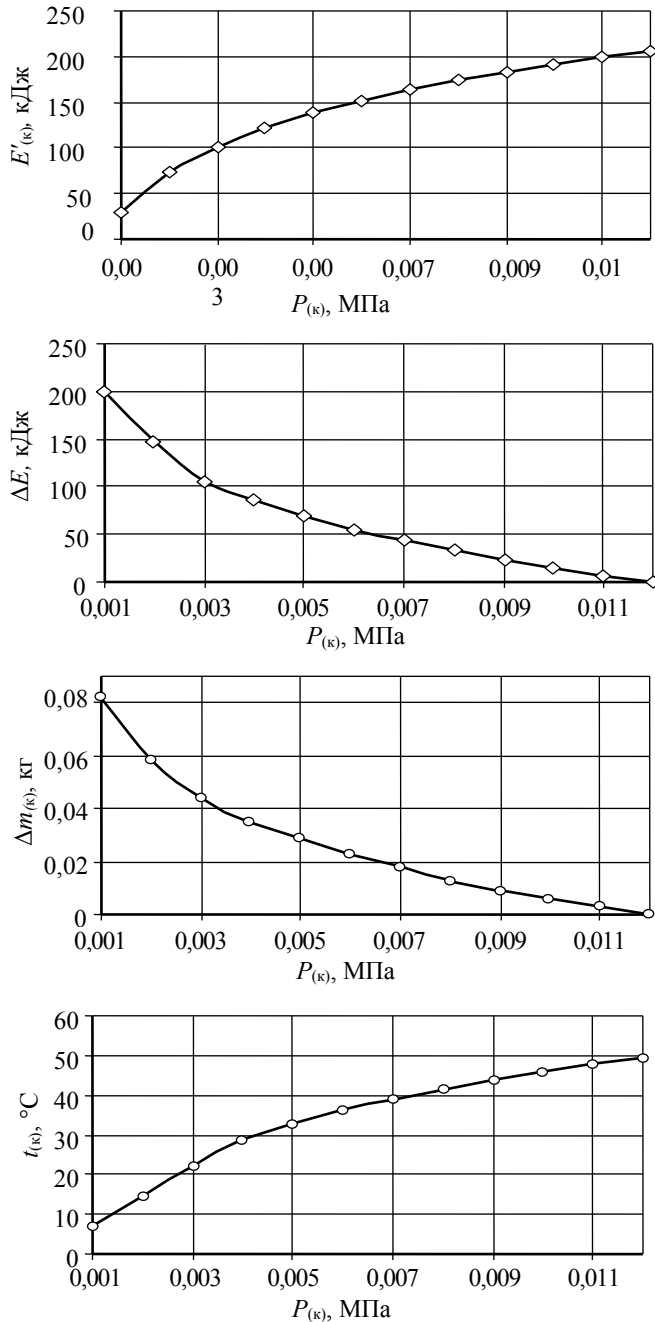


Рис. 2. Графічне представлення залежності термодинамічних параметрів від кінцевого тиску в умовах фазових переходів

Супровід будь-якої технології в пошуках впливів на перероблювані середовища супроводжується оцінкою потужностей енергетичних імпульсів. За результатами, наведеними в таблиці, маємо змогу оцінити значення ΔE у вибраному діапазоні параметрів, які наближені до значень у реальних технологіях. Якщо мати можливість визначення часу τ активного перебігу процесу, то це відкриває перспективи оцінок потужностей.

У досліджах авторів у широкому діапазоні змін початкових і кінцевих термодинамічних параметрів час перехідних процесів вкладався у межі 5...10 с. Це означало за значень $\Delta E = 40...50$ кДж/кг досягнення потужностей у межах $\Delta E/dt$ від 4,0...5,0 до 8,0...10 кВт/кг.

При цьому навіть за нижчих показників $\Delta E/dt$ одержуємо ситуацію доцільної енергетичної трансформації внутрішніх теплових потенціалів середовищ, які можна порівняти хіба що з потужностями технологій надвисокочастотної обробки в режимах нагрівання рідинних або вологовмісних систем.

Повернувшись до записаних вище умов, одержуємо:

$$\Delta E = (m_{(п)} - m_{(к)})c\Delta t; \quad m_{(к)} = m_{(п)} - \Delta m_{(к)};$$

$$\Delta m_{(к)} = \frac{2\Delta E}{r_{(п)} + r_{(к)}}; \quad (10)$$

$$\Delta E = m_{(п)}ct_{(п)} - m_{(п)}ct_{(к)} + \frac{2\Delta E}{r_{(п)} + r_{(к)}}ct_{(к)};$$

$$\Delta E = m_{(п)}c \left(t_{(п)} - t_{(к)} \right) \left/ \left(1 - \frac{2ct_{(к)}}{r_{(п)} + r_{(к)}} \right) \right. . \quad (11)$$

Отже, енергетичний імпульс трансформації середовища в режимі вакуумування залежить від значень початкової і кінцевої температур і питомих значень теплоти фазових переходів у середньому обчисленні, оскільки остання пов'язана зі значеннями тисків.

Збільшення тиску в середовищі рідинної фази в ізотермічному процесі ситуацію щодо енергетичного потенціалу не змінює. Водночас збільшення початкової температури в ізобаричному або в якомусь іншому процесі загальний потенціал впливу нарощує, що може супроводжувати спеціальні технології. До останніх віднесемо розробки за патентами України 25944 і 84986, які стосуються способу одержання соків при переробці плодів та ягід. В класичній організації цих технологій важливим недоліком є обмежений вихід соку на рівні 40...80% за загального його вмісту близько 95%. Такий результат пов'язується з необхідністю обмеження тисків пресування через руйнування шкірки і кісточок плодів та ягід з переходом поліфенольних, дубильних і пектинових речовин до соку. Останнє приводить до зміни хімічного складу, погіршення умов освітлення, смакових якостей, помутніння в процесах зберігання. Окрім того, підвищені температури бланшування приводять до руйнування вітамінних комплексів. Обмеження цих недоліків наведено у формулах винаходів вищевказаних патентів у редакції: «Спосіб одержання соків при переробці плодів та ягід, що включає подрібнення, бланшування,

пресування маси та освітлення соків, який відрізняється тим, що подрібнену масу після нагрівання до температур 40...42°C в режимі безперервного транспортування подають у герметичну вакуумну камеру з тиском 0,03...0,005 МПа з досягненням температури адиабатного кипіння рідинної фракції матеріалу з утворенням парової фази».

Швидкоплинне генерування парової фази стосується міжклітинних об'ємів і клітинних структур та супроводжується активним руйнуванням останніх, що приводить до покращення умов пресування й освітлення соків.

Логічне продовження розвитку технологій вакуумних енергетичних імпульсних впливів знайшло у способі одержання цукрових сиропів і аналогів цукатів, що відображено у патенті України 90732 з такою формулою винаходу: «Спосіб одержання цукрових сиропів і аналогів цукатів, що включає подрібнення і пересипку подрібненої маси ягід, фруктів і овочів цукром з доведенням концентрації сухих речовин від 60 до 90%, який відрізняється тим, що подрібнену масу фасують у тару, вакуумують і герметизують за рівня залишкового тиску в тарі 0,005...0,01 МПа та витримують для здійснення осмомолекулярної дифузії». Відмітимо, що в цій ситуації реалізується потрійний вплив на систему, який започатковується енергетичним імпульсом, що трансформується в деструкційно-механічний вплив генерованої пари і, нарешті, осмомолекулярною дифузиею. Вибір різновиду тари у формі жорсткої, напівжорсткої або з плівкових гнучких матеріалів приводить до додаткових впливів. Так, жорстка вакуумна упаковка забезпечує в певному часі початковий залишковий тиск, який поступово буде обмежуватися утворюваною парою рідинної фази. Напівжорстка упаковка з гнучкого плівкового матеріалу після завершення процесу вакуумування підлягає дії атмосферного тиску, тобто силовому стисканню з ознаками створення об'ємних напружених станів. Подовжена у часі, така дія відповідає механічному пресуванню вмісту упаковки на покращення загального результату. Вона має форму розподіленого навантаження, результуюча якої визначається добутком тиску на проекцію криволінійної або іншої поверхні.

Висновки

Аналіз особливостей існування термодинамічних систем в станах рівноваги і в режимах перехідних процесів, які в значній кількості випадків відповідають фазовим переходам першого роду, дає змогу зазначити, що:

1. Вивчення особливостей і побудови систем, що відповідають харчовим і мікробіологічним середовищам, потребує врахування сучасної інформації щодо властивостей вхідних матеріальних потоків, очікуваних енергетичних ефектів і потреб, можливостей і способів інтенсифікації перебігу процесів.

2. Вхідні матеріальні потоки основної сировини і потоки додаткового забезпечення відповідними матеріальними ресурсами одночасно є носіями енергетичних потенціалів, які мають бути максимально збережені і представлені у продукції підприємств. Трансформації цих внутрішніх потенціалів відбуваються, зокрема, і під дією зовнішніх енергетичних потоків. Узагальнені статистичні дані підтверджують, що кожен кілоджоуль енергетичного потенціалу продукції на виході з системи супроводжується 10 кілоджоулями затрат зовнішньої енергії.

3. Енергетичні ефекти супроводжують різні фізичні та хімічні процеси, тому їх результати залежать від умов їхнього перебігу.

4. Оцінки внутрішньої енергії систем у формах переходу від одної системи до іншої розподіляються на дві групи. До першої входить форма переходу руху шляхом теплопровідності, а мірою руху є теплота. Загальною мірою у другій групі передавання руху є робота.

5. В умовах фазових переходів ентропії систем залишаються сталими.

6. Вибір параметрів системи, за яких вона є двофазною, має широке застосування в більшості технологій. Пояснення такого вибору стосується відносної простоти їх реалізації. Так, наприклад, за атмосферного тиску фазовому переходу води відповідає температури 100°C, аміаку — 33,4, бутану — 0,5, діоксиду вуглецю — 78,2, хладону R12 — 29,8, хладону R13 — 81,5, хладону R22 — 40,84°C.

7. Стабілізація тиску в системі в режимі фазового переходу означає стабілізацію температури за здійснення процесів конденсації або випаровування, що дає змогу стабілізувати процеси енергообміну як у напрямку введення теплоти в систему, так і, навпаки, виведення з неї.

8. Інтенсивність перебігу фазових переходів визначається значеннями рушійних факторів у формі перепадів температур, концентрацій, тисків, особливих умов. У спеціальних дискретно-імпульсних технологіях вирішальне значення має глибина входження (введення) середовища до незрівноваженого стану і швидкість примусового переведення до нього.

9. Варіації різних сполучень тисків і температур фазових переходів використовуються для прискорених або, навпаки, сповільнених режимів теплової обробки. До числа прикладів віднесемо екструдерні технології, швидкісні режими розварювання крохмалевмісної сировини, технології швидкісної високотемпературної стерилізаційної обробки, вакуумні технології тощо.

10. Технології вакуумної обробки ягідної, плодової і овочевої продукції дають змогу досягати режимів фазових переходів, зокрема за рахунок початкових енергетичних потенціалів оброблюваних середовищ. В основу цих технологій також покладається переведення оброблюваних середовищ до незрівноважених станів, а ефекти обробки пов'язані з утворенням парової фази рідинної компоненти, руйнуванням клітинних оболонок і прискореним виділенням рідинної фази.

11. Поширеним різновидом фазових переходів є той, що стосується газонасичених рідин і середовищ.

З деякою умовністю закономірності фазових переходів у класичному розумінні можуть бути перенесені на них на основі закону Генрі, оскільки саме відповідно до нього розчинність газів визначається температурою і тиском. Однак принципова відмінність від класичних фазових переходів полягає в різноспрямованості, оскільки розчинність газів зростає зі зниженням температури в системі і зі зростанням парціального тиску. Різна питома величина розчинності пояснюється фізичними властивостями компонентів системи.

Література

Lagacé L., Camara M., Martin N., Ali F., Houde J., Corriveau S., Sadiki M. (2019). Effect of the new high vacuum technology on the chemical composition of maple sap and syrup, *Heliyon*, 5(6). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01786>.

Faruq A., Zhang M., Adhikari B. (2019). A novel vacuum frying technology of apple slices combined with ultrasound and microwave, *Ultrasonics Sonochemistry*, 52, 522—529. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.12.033>.

Wu Z., Xie L., Li Y., Wang Y., Wang X., Wan N., Huang X., Zhang X., Yang M. (2019). A novel application of the vacuum distillation technology in extracting *Origanum vulgare* L. essential oils, *Industrial Crops and Products*, 139(1). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111516>.

Nowacka M., Wiktor A., Anuszevska A., Dadan M., Rybak K., Witrowa-Rajchert D. (2019). The application of unconventional technologies as pulsed electric field, ultrasound and microwave-vacuum drying in the production of dried cranberry snacks, *Ultrasonics Sonochemistry*, 56, 1—13. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.03.023>.

Darvishi H., Mohammadi P., Fadavi A., Saba M. K., Behrooz-Khazaei N. (2019). Quality preservation of orange concentrate by using hybrid ohmic – Vacuum heating, *Food Chemistry*, 289, 292—298. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.043>.

Thanimkarn S., Cheevitsopon E., Jongyingcharoen J. S. (2019). Effects of vibration, vacuum, and material thickness on infrared drying of *Cissus quadrangularis* Linn, *Heliyon*, 5(6). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01999>.

Zhu Z., Geng Y., Sun D. (2019). Effects of operation processes and conditions on enhancing performances of vacuum cooling of foods: A review, *Trends in Food Science & Technology*, 85, 67—77. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.011>.

Martins M. G., Chada P., Pena R. S. (2019). Application of pulsed-vacuum on the salt impregnation process of pirarucu fillet, *Food Research International*, 120, 407—414. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.016>.

Nader J., Louka N. (2018). Development of a novel technology entitled “Intensification of Vaporization by Decompression to the Vacuum” (IVDV) for reconstitution and texturing of partially defatted peanuts, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 455—466. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.07.015>.

Belkova B., Hradecky J., Hurkova K., Forstova V., Vaclavik L., Hajslova J. (2018). Impact of vacuum frying on quality of potato crisps and frying oil, *Food Chemistry*, 241, 51—59. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.062>.

Deng K., Chen J., Tian Y., Miao S., Zheng B. (2019). Optimization of process variables on physical and sensory attributes of shiitake (*Lentinula edodes*) slices during vacuum frying, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 54, 162—171. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.04.009>.

THE POSSIBILITY AND FEASIBILITY OF THE USE OF MALTITOL AND AMARANTH FLOUR IN SUGAR COOKIES TECHNOLOGY

V. Dorohovych, M. Doliuk, K. Lukash
National University of Food Technologies

Key words:

Maltitol
Amaranth flour
Sugar cookies
Physical and chemical parameters
Energy value
Nutritional value
Glycemic index

Article history:

Received 15.03.2021
Received in revised form 29.03.2021
Accepted 12.04.2021

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Technological properties of maltitol and a relatively low glycemic index determine the feasibility of its use in the technology of sugar cookies.

The following products with the use of maltitol were developed in the National University of Food Technologies: marshmallow, chewing caramel, semi-finished products such as soufflé, sponge cake. There were developed a number of flour confectionery with the use of amaranth flour. However, maltitol was not used as a sweet substance in such technologies.

There was shown that the consistency of bakery dough for sugar cookies using maltitol and amaranth flour (in quantity less than 20%) was similar to the consistency of traditional bakery dough, and was characterized by viscous-plastic properties and the process of mixing the bakery dough did not require changes of technological parameters.

Sugar cookies with maltitol had less intense color and sweetness. Usage of amaranth made cookies slightly darker.

According to the main physical and chemical parameters maltitol cookies met the requirements of regulatory documentation. The humidity of maltitol cookies was equal 6.0%, wettability — 185%, alkalinity — 0.77 deg. Usage of amaranth flour in the amount up to 20% did not have a significant impact on these indicators. It was established that the density/specific volume and strength of sugar cookies made using maltitol and white sugar did not significantly differ. Thus, the density of maltitol sugar cookies was 0.6 g/cm³, and using white sugar — 0.61 g/cm³. Usage of amaranth flour slightly decreased the strength of cookies. The nutritional value, energy value and glycemic index were determined by the calculation method.

The processing technology of sugar cookies with maltitol did not require change of technological parameters, and the introduction of such cookies will promote to create a greater variety of flour confectionery products for patients with diabetes mellitus.

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ТА ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МАЛЬТИТОЛУ І БОРОШНА АМАРАНТУ В ТЕХНОЛОГІЇ ЦУКРОВОГО ПЕЧИВА

В. В. Дорохович, М. Ю. Долюк, К. Р. Лукаш
Національний університет харчових технологій

Технологічні властивості мальтитола та відносно низький глікемічний індекс обумовлюють доцільність його застосування в технології цукрового печива.

У НУХТі з використанням мальтитола розроблено: маршмеллоу, жувальну карамель, оздоблювальні напівфабрикати типу суфле, бісквіт. Із застосуванням амарантового борошна розроблено низку борошняних кондитерських виробів. Однак як солодку речовину в них мальтитол не застосовували.

За результатами досліджень встановлено, що консистенція тіста для цукрового печива на мальтитоці, мальтитоці та амарантовому борошні (у кількості до 20%) подібна до консистенції тіста традиційного печива, характеризується в'язко-пластичними властивостями і процес замішування тіста не потребує зміни технологічних параметрів.

Цукрове печиво на мальтитоці має менш інтенсивне забарвлення та солодкість. Застосування амарантового борошна надає печиву децю темнішого забарвлення. За основними фізико-хімічними показниками печиво на мальтитоці відповідає вимогам нормативної документації. Вологість печива на мальтитоці дорівнює 6,0%, намоочуваність 185%, лужність 0,77 град. Застосування борошна амаранту в кількості до 20% не має значного впливу на ці показники. Встановлено, що густина/питомий об'єм і міцність цукрового печива, виготовленого із застосуванням мальтитола та цукру білого, істотно не відрізняються. Так, густина цукрового печива на мальтитоці дорівнює 0,6 г/см³, на цукрі білому — 0,61 г/см³. Застосування борошна амаранту спричиняє невелике зменшення міцності печива.

Розрахунковим методом визначено харчову, енергетичну цінність і показник глікемічності. Технологія цукрового печива на мальтитоці не потребує зміни технологічних параметрів, а впровадження такого печива сприятиме розширенню асортименту борошняних кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет.

Ключові слова: мальтитол, амарантове борошно, цукрове печиво, фізико-хімічні показники, харчова цінність, енергетична цінність, показник глікемічності.

Постановка проблеми. В останні роки одним із найбільш поширених ендокринних захворювань є цукровий діабет. Згідно з даними ВООЗ, кількість хворих на цукровий діабет у світі становить 5%. За прогнозами фахівців, до 2030 р. на цукровий діабет хворітиме приблизно 10% населення світу. А за даними Міжнародної федерації цукрового діабету у 2030 р. кожна 10 доросла людина страждатиме від цукрового діабету. В Україні кількість зареєстрованих хворих на

цукровий діабет понад 1,3 млн, за іншими даними (Корецька, Янюк, Шаповаленко & Українець, 2004; Журавльова, 2016) — 1,5 млн. На думку фахівців-медиків, реальна кількість набагато більша.

Це обумовлює необхідність розширення асортименту дієтичних харчових продуктів, зокрема і кондитерських виробів, для хворих на цукровий діабет. Для реалізації цієї мети доцільно використовувати в технології харчових продуктів низькоглікемічну та низькокалорійну сировину. До таких сировинних інгредієнтів відносяться цукрозамінники-поліоли: лактитол, ізомальтитол, мальтитол, еритритол тощо. Серед зазначених цукрозамінників мальтитол вважається найбільш технологічним, тобто його властивості найбільше наближені до цукру білого.

При розробленні борошняних кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет доцільно вводити сировину, багату на повноцінні білки, вітаміни, мінеральні речовини, антиоксиданти та інші біологічно активні речовини. До таких сировинних інгредієнтів відноситься борошно з амаранту.

Амарант характеризується високою якістю білка, харчова цінність якого порівняно з ідеальним білком становить 97%. Насіння амаранту багате на вітаміни: рибофлавін, ніацин, токоферол та мінеральні речовини: фосфор, залізо, магній, кальцій (Дорохович & Бадрук, 2012). Амарантове борошно є природним джерелом сквалену, який сприяє насиченню тканин та органів необхідною кількістю кисню.

З огляду на вищевикладене застосування амаранту є доцільним під час розроблення борошняних кондитерських виробів, зокрема печива, для хворих на цукровий діабет.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині кондитерська галузь України виробляє дуже обмежений асортимент кондитерських виробів для людей хворих на цукровий діабет. Це переважно вироби із застосуванням фруктози, а також сорбітолу. За кордоном цукрозамінники-поліоли нового покоління знайшли широкі застосування. Так, мальтитол використовують при виробництві драже, а також у морозиві, цукерках та інших кондитерських виробках. В Україні мальтитол використовується не часто, переважно на підприємствах малої потужності.

Однак потрібно зазначити, що в НУХТі проводиться робота з розроблення кондитерських виробів із застосуванням цукрозамінників нового покоління. Так, із застосуванням мальтитолу розроблено (Магомедов, Шевякова & Сибирко, 2013; Савенко & Шелудько, 2017; Миколенко, 2020): маршмеллоу із застосуванням мальтитолу та сумісно мальтитолу і фруктози, оздоблювальні напівфабрикати типу суфле для тортів і тістечок на основі суміші мальтитол-фруктоза; жувальну карамель на основі мальтитолу; бісквіти із застосуванням мальтитолу.

У Китаї розроблено тверді карамельні цукерки із застосуванням мальтитолу (Миколенко, 2020), створено жувальну гумку, що містить мальтитол (Смоланка, 2020). Чайний торт — один з чотирьох традиційних тортів у провінції Цзянсі, який дуже популярний серед споживачів, тому було розроблено чайний пиріг з мальтитолом для хворих на цукровий діабет. Крім того, розроблено печиво, що містить мальтит і ксиліт (Савенко & Шелудько, 2017), печиво з моркви та борошна пшеничного цільнозернового з додаванням мальтитолу (Журавльова,

2016), цукерки, які містять від 0,5 до 4 відсотків L-арабінози, від 30 до 95 відсотків мальтиту та залишок наповнювача або/та ароматизатора (Лазоренко & Омелянченко, 2013).

Потрібно зазначити, що технологічні властивості мальтиту роблять його привабливим для застосування у широкому спектрі кондитерських виробів, зокрема в цукровому печиві (табл. 1).

Таблиця 1. Технологічні та фізіологічні властивості мальтиту

Назва речовини	Розчинність за 20°C	Температура плавлення, °C	Коефіцієнт солодкості, од	Глікемічний індекс, %	Калорійність, ккал/г
Цукор білий	69,0	180	1,0	68,0	4,0
Мальтитол	65,0	144	0,9	35,0	3,0

Варто зазначити, що досить активно проводиться робота з розроблення кондитерських виробів із застосуванням борошна з амаранту. Наведемо лише деякі розробки.

Так, досліджено вплив амарантового борошна на адгезійні властивості тіста (Дорохович & Бадрук, 2012), вплив амарантового борошна та гуміарабіку на структурно-механічні властивості тіста для крекерів (Chauhan, Saxena & Singh, 2016), вплив амарантового і льняного борошна різної якості на споживчі характеристики й біологічну цінність зтяжного, цукрового, здобного печива (Миколенко, 2020). Запропоновано часткову заміну пшеничного борошна борошном макуховим з амаранту, що дає змогу вживати ці вироби різним групам населення, особливо хворим на анемію (Корецька, Янюк, Шаповаленко & Українець, 2004). Розроблено технології мафінів з різними видами безглютенового борошна, зокрема амарантового. Знайшов амарант застосування і в технології бісквітних виробів (Дорохович & Мурзін, 2013).

Розроблено печиво з цільного амарантового борошна та борошна пшеничного (Chauhan, Saxena & Singh, 2016), спосіб приготування композиційного печива з амаранту (Дорохович, Божок & Мазур, 2016), суху безглютенову суміш для виробництва печива, яка містить рисове борошно, амарантове борошно, яблучний порошок, порошок, вибраний із групи, що включає гарбуз, буряковий корінь, морквяний або журавлинний порошки, білий кристалічний цукор, кулінарну їстівну сіль, лимонну кислоту, розпушувач. Дослідники розробили технологію, що забезпечує приготування суміші шляхом послідовного змішування амарантового борошна, цільного сухого молока, порошку лушпиння какао-бобів, кондитерського жиру та порошку карамелі (Chen та ін., 2016).

Мета дослідження: визначення доцільності застосування мальтиту та борошна амаранту в цукровому печиві та їх впливу на органолептичні, фізико-хімічні показники, харчову й енергетичну цінність готових виробів.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — цукрове печиво із застосуванням цукрозамінника (мальтиту), мальтиту та борошна амаранту.

Органолептичні показники визначали сенсорним методом, оцінювали за п'ятибальною шкалою. За органолептичною оцінкою розраховували комплексний показник якості з урахуванням основних принципів кваліметрії. Розрахунок проводили за такою формулою:

$$K = M_1 \frac{P_1}{P_1^6} + M_2 \frac{P_2}{P_2^6} + M_3 \frac{P_3}{P_3^6} + M_4 \frac{P_4}{P_4^6} + M_5 \frac{P_5}{P_5^6} + M_6 \frac{P_6}{P_6^6}. \quad (1)$$

Густину визначали методом, що ґрунтується на визначенні об'єму рідини, витісненої при зануренні в неї наважки досліджуваного продукту. За діленням маси наважки на її об'єм, що дорівнює об'єму витісненої рідини, отримували значення густини тіста (Капрельянц & Юргачова, 2003).

Вологість печива визначали прискореним методом, шляхом висушування в сушильній шафі СЕШ-3М. Лужність визначали титруванням. Намочуваність печива характеризує коефіцієнт намочання, який визначали шляхом співвідношення маси печива до намочання та маси печива після намочання. Міцність готових виробів визначали за допомогою приладу Строганова. Сутність методу полягає у вимірюванні зусилля (навантаження), яке спричиняє руйнування (розломлювання) печива (Chauhan, Saxena & Singh, 2016).

Кількість білків, жирів, вуглеводів, енергетичну цінність визначали розрахунковим методом. Показник глікемічності (ПГ) розраховували за методикою проф. А. М. Дорохович. Це добуток ПГ кожного вуглеводу (a) на його кількість (x) в 100 г продукту — $a \cdot x_i$ та подальше складання добутку по кожному вуглеводу

$$\text{ПГ} = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + \dots + a_n x_n. \quad (2)$$

Викладення основних результатів дослідження. Технологія цукрового печива передбачає такі технологічні етапи: підготовка сировини до виробництва, приготування тіста (емульсія та замішування тіста), формування тістових заготовок, термооброблення, охолодження, упаковка. Кожний з цих етапів має свій вплив на якість виробів і в разі застосування нових рецептурних інгредієнтів може потребувати зміни технологічних параметрів. Тому доцільним є проведення відповідних досліджень.

Визначено, що застосування мальтитулу не потребує зміни умов приготування тіста. Тісто на мальтитоли характеризується пластично-в'язкими властивостями, не прилипає до робочих поверхонь. З метою покращення харчової та біологічної цінності печива використано борошно насіння амаранту. При цьому частину пшеничного борошна (10%, 15%, 20% за сухими речовинами) замінювали на амарантове борошно. Встановлено, що змінювати технологічні параметри замішування тіста в разі застосування амарантового борошна також недоцільно.

Завершальним етапом, на якому формуються органолептичні та структурні показники печива, є процес термооброблення. Для цукрового печива — це комбінований процес випікання-сушіння. За результатами досліджень встановлено, що термооброблення печива на мальтитоли й амарантовому борошні не потребує зміни технологічних параметрів.

Для споживачів велике значення мають органолептичні показники харчових продуктів, особливо кондитерських виробів, тому визначено та оцінено вплив мальтитулу, мальтитулу й амарантового борошна на органолептичні показники цукрового печива.

Таблиця 2. Органолептичні показники цукрового печива та мальтитолі, мальтитолі та амарантовому борошні

Показник	Коефіцієнт вагомості	Печиво				
		контроль	на мальтитолі	на мальтитолі та амарантовому борошні, у кількості		
				10%	15%	20%
Смак, P_1	0,19	5,0	5,0	5,0	4,5	4,0
Запах, P_2	0,16	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5
Колір, P_3	0,19	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Форма, P_4	0,14	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Стан поверхні, P_5	0,15	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Вид у розломі, P_6	0,17	5,0	5,0	5,0	4,5	4,0
Комплексний показник		1,0	0,96	0,96	0,93	0,87

Розрахунок показав, що для цукрового печива на мальтитолі комплексний показник дещо менше одиниці, що пов'язано зі світлішим, навіть дещо блідим забарвленням. Застосування амарантового борошна спричинило утворення дещо незвичного смаку виробу. За структурою виробу мали менш розвинуту пористість.

Фізико-хімічні показники є не менш важливими для загальної якості харчових продуктів. ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови», нормуються, зокрема, такі показники: вологість, намочуваність, лужність.

Вологість є важливим показником якості для більшості харчових продуктів. Вона визначає органолептичні показники продукції, впливає на строки її зберігання і використовується при багатьох техніко-економічних розрахунках. Намочуваність — це непрямий показник пористості печива, який визначається за збільшенням маси борошняних кондитерських виробів при зануренні у воду з температурою 20°C на встановлений час. Намочуваність пов'язана з органолептичними показниками: крихкість і пористість. Лужність у харчових продуктах небажана: вона викликає підвищені витрати шлункового соку і таким чином погіршує травлення. Результати визначення фізико-хімічних показників цукрового печива наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники цукрового печива

Показники	На цукрі (контроль)	На мальтитолі	На мальтитолі та амарантовому борошні, у кількості		
			10%	15%	20%
Вологість %	6,1	6,0	6,1	6,2	6,2
Лужність град.	0,76	0,77	0,78	0,79	0,79
Намочуваність %	180	185	183	180	175

У ДСТУ густина печива або його питомий об'єм не нормуються. В той же час цей показник є вагомим для визначення загальної якості печива. Він характеризує розпушеність продукту, тобто пористість печива.

Дослідження показали, що густина цукрового печива, виготовленого із застосуванням мальтитолу, дещо менша, ніж у печива на цукрі білому, але суттєво не

відрізняється. Використання амарантового борошна спричиняє незначне послаблення структури виробів (рис. 1 а, б). Імовірно, це можна пояснити тим, що білки борошна амаранту мають інший склад і не утворюють клейковинний каркас, який фіксує структуру виробу. Потрібно зазначити, що зменшення міцності цукрового печива незначне. Тобто печиво не набуватиме надлишкової крихкості, що може перешкоджати пакуванню печива традиційним способом.

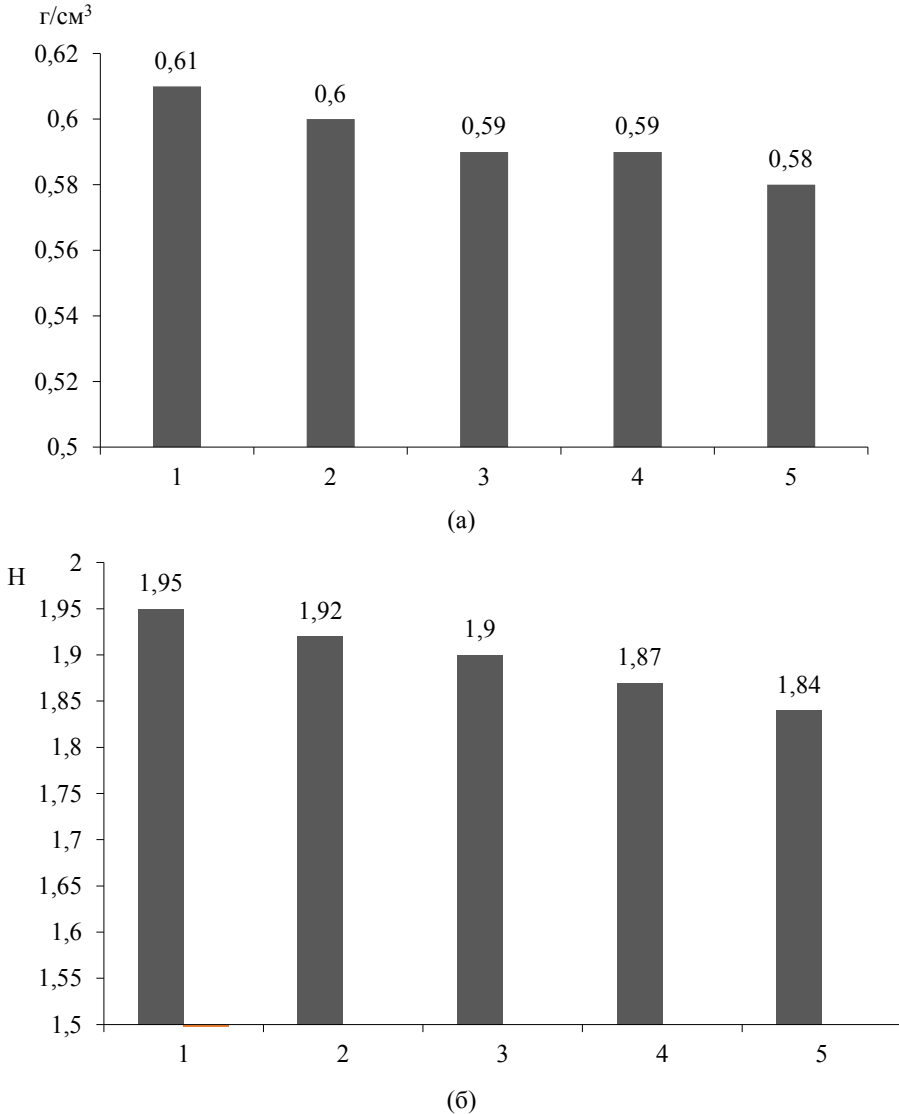


Рис. 1. Густина (а), міцність (б) цукрового печива:

- 1 — на цукрі білому; 2 — на мальтиголі; 3 — на мальтиголі та борошні амаранту (10%);
- 4 — на мальтиголі та борошні амаранту (15%);
- 5 — на мальтиголі та борошні амаранту (20%)

Для характеристики будь-якого харчового продукту, зокрема цукрового печива, важливою є харчова на енергетично цінність. Для хворих на цукровий діабет особливе значення має вуглеводна складова продукту. Моно- та дисахариди, полісахариди, поліолі мають різний глікемічний індекс, по-різному пливають на організм, тому при розрахунку харчової цінності доцільно окремо розраховувати ці складові. Також доцільним є нанесення (введення) цієї інформації на упаковку — вказувати кількість моно- і дисахаридів, полісахаридів (крохмаль), поліолів. Інформація про кількість зазначених речовин у продукті потрібна також для коректного розрахунку енергетичної цінності. Результати відповідних розрахунків наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Харчова і енергетична цінність цукрового печива на мальтитолі, мальтитолі та борошні амаранту

Печиво на	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г		Поліолі, г	Калорійність, ккал	
			моно-, ди-, полісахариди	крохмаль			
цукрі	7,6	30,4	13,3	41,5	–	530	
мальтитолі	7,6	30,4	1,1	41,4	12,2	515	
мальтитолі	10	8,2	30,4	1,2	40,7	12,2	515
і борошні	15	8,4	30,6	1,3	40,4	12,2	517
амаранта (%)	20	8,6	30,6	1,3	40,5	12,2	518

Однією з умов нормального функціонування організму людини є надходження з харчуванням достатньої кількості мінеральних речовин. Борошно амаранту, як відомо, має значну кількість мінеральних речовин. Розрахунок кількості мінеральних речовин у печиві наведено в табл. 5.

Таблиця 5. Кількість мінеральних речовин у печиві

Печиво на	Калій, мг	Кальцій, мг	Магній, мг	Фосфор, мг	Цинк, мкг	
цукрі	110,2	38,3	13,2	83,2	1355	
мальтитолі	110,2	38,3	13,2	83,2	1355	
мальтитолі і	10	134,7	62,4	31,1	11,6	1442
борошні амаранта	15	147,0	74,6	40,0	125,9	1486
(%)	20	153,3	80,8	44,6	133,1	1508

Якщо прийняти кількість мінеральних речовин у печиві без амарантового борошна за 100%, то спостерігається така динаміка: вміст калію при кількості борошна амаранту в печиві 10%, 15%, 20% становить, відповідно, 112%, 133%, 139% від початкової кількості; вміст кальцію — 163%, 194%, 210%; магнію — 234%, 302%, 337%; фосфору — 134%, 151%, 160%; цинку — 106%, 109%, 111% відповідно. Аналізуючи наведені результати розрахунків, можна зробити висновок про покращення мінерального складу печива в разі застосування борошна амаранту.

Розраховано показник глікемічності цукрового печива на мальтитолі. Важливою перевагою цього способу є те, що він дає об'єктивну оцінку глікемічності досліджуваного продукту. Визначено, що ПГ печива на мальтитолі дорівнює 33,4 од, на цукрі білому — 36,5 од.

Висновки

За органолептичними, фізико-хімічними (вологість, намоочуваність, лужність), структурними (густина, питомий об'єм) печиво на мальтитолі наближається до печива на цукрі білому. Кількість білків і жирів у печиві на мальтитолі на цукрі білому фактично однакова, але істотно відрізняється вуглеводна складова, що обумовлено повною заміною цукру на мальтитол, тобто вилученням «швидких вуглеводів». Показник глікемічності печива на мальтитолі на 9% менше за печиво на цукрі білому, що є позитивним. Застосування борошна амаранту сприяє підвищенню кількості білка та покращенню мінерального складу печива на мальтитолі, що є важливим, особливо для хворих на цукровий діабет. Впровадження у виробництво такого печива сприятиме розширенню асортименту борошняних кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет.

Література

Дзигар О. О., Оболкіна В. І. (2019). *Дослідження впливу амарантового борошна та гумірабіку на структурно-механічні властивості тіста при створенні технології крекерів підвищеної біологічної цінності*. Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції — основні засади її конкурентоздатності: матеріали VIII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції. Київ: НУХТ.

Дорохович А. М., Божок О. С., Мазур Л. С. (2016). Тагатоza і мальтитол — інноваційна сировина при виробництві жувальної карамелі. *Харчова наука і технологія*, 1(10), 43—48.

Дорохович А. М., Бадрук В. В. (2012). Надання маршмелоу статусу функціональний і дієтичний продукт за рахунок раціонального використання мальтітолу та фруктози. *Наукові праці ОНАХТ*, 42(1), 220—225.

Дорохович А. Н., Мурзін А. В. (2013). Инновационные технологии пенообразного полуфабриката типа «суфле» на основе моносахарида фруктозы и полиола мальтитола. *Хранительна наука, техніка и технології*, 60, 455—460.

Капрельянци Л. В. & Юргачова К. Г. (2003). *Функціональні продукти*. Одеса: Друк.

Корецька І. Л., Янюк Т. І., Щаповаленко О. І., Українець А. І. (2004). Склад печива амарантового. Київ. НУХТ. Взято з <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/7063>.

Журавльова Л. В. (2016) Цукровий діабет, класифікація, етіологія, патогенез, клініка, діагностика. Харків: ХНМУ. Взято з: <http://vnmed3.kharkiv.ua/wp-content/uploads/2013/12/16-%D0%A6%D0%94-1.pdf>.

Лазоренко Н. П., Омелянченко І. С. (2013). *Визначення адгезійних властивостей тіста безглютенових маффінів*. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 44(1). 167—170.

Магомедов Г. О., Шевякова Т. А., Сибирко К. И. (2013). Gluten-free cookie production method. Russia. Взято з: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/053288731/publication/RU2541654C1?q=Gluten-free%20cookie%20production%20method>.

Савенко В. О., Шелудько В. М. (2017). *Використання борошна амаранту в технології бісквітних виробів*. Наука і молодь в ХХІ сторіччі: збірник тез доповідей III Міжнародної молодіжної науково-практичної інтернет-конференції. Полтава: ПУЕТ.

Миколенко С. (2020). Дослідження впливу амарантового та льняного борошна на якість печива. Дніпро. Взято з: https://www.researchgate.net/publication/343435948_doslidzenna_vplivu_amarantovogo_ta_l'nanogo_borosna_na_akist_peciva.

Смолянка В. І. (2020) Діабет. Ужгород. Ужгородський національний університет. Взято з: <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/news/diabetes-myth.htm>.

Chauhan A.A., Saxena D.C., Singh S.D. (2016). Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth flour blend cookies. Punjab. India. Взято з: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2015.1125773>.

Chen Z. Q.; Feng T. S.; Sang M. K.; Wang H. M.; Wang K. M.; Wang W. X.; Wang X. Z.; Zhang Z. X.; Zhuang H. K. (2016). Low glycemic index sucrose free whole wheat carrot cookies. China. Взято з: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/057188606/publication/cn-106035516a?q=maltitol%20cookies>.

Chengzhen J. B.; Jicheng D. K.; Jinzhu Z. H.; Po Q. X.; Yilin T. K. (2010). Candy favorable for relieving anorexia. China. Взято з: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/043260-111/publication/cn101904400a?q=maltitol%20candy>.

Guo P. T.; He W. L.; Liu J. L.; Wang Y. M. (2017). Grain amaranth composite biscuit composition and preparing method thereof and grain amaranth composite biscuits. Academy agricultural sci china. Взято з: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/060100124/publication/cn1072792_29a?q=amaranth%20cookies.

Liu H. R.; Ren S. H.; Wang H. H.; Xu X. K.; Zhu H. Z. (2015). Cookies and making method thereof. China. Взято з: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/054787149/publication/cn105145746a?q=maltitol%20cookies>.

Song H. S. (2014), Maltitol hard candy. China. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/051952793/publication/cn104171224a?q=maltitol>.

Yang J. K. (2013). Tea cake containing maltitol. China. Взято з: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/050491359/publication/cn103734222a?q=maltitol>.

IMPROVEMENT OF SAUSAGE PRODUCTS TECHNOLOGY USING PROTEIN-FAT EMULSION BASED ON CHICKEN FAT

V. Pasichnyi, O. Haschuk, O. Moskalyuk, A. Huralevykh
National University of Food Technologies

Key words:

*Sausages
Chicken fat
Protein-fat emulsion
Functional and
technological indicators*

Article history:

Received 12.03.2021
Received in revised form
26.03.2021
Accepted 09.04.2021

Corresponding author:

V. Pasichnyi
E-mail:
pasww1@ukr.net

ABSTRACT

o form and maintain health in childhood, it is important to regularly provide the body with proteins — natural substances from which cells are built, essential, micro- and macronutrients and, to the extent necessary, ballast and minor non-food biologically active components. When developing sausage recipes, turkey meat was selected, which has a high biological value and adding it to the diet will meet the human need for animal protein no worse than when eating other types of meat. According to the content of some minerals and vitamins, turkey meat satisfies the needs of the body quite fully.

The article presents a study of the developed recipes for sausages using turkey meat, defines the main functional and technological indicators of meat systems: moisture-binding capacity, emulsion stability and moisture-retaining capacity of finished meat products.

In order to improve the structure, increase the juiciness of sausages and ensure balance in amino and fatty acid composition in the developed sausages there was used protein-fat emulsion (PFE) based on animal functional protein ScanPro T 95 and chicken fat.

The use of functional proteins of animal origin is recommended provided they are pre-hydrated or made as a protein-fat emulsion. The results of studies of functional and technological indicators presented in the article showed that PFE, made by cold method, had greater stability and was able to better bind moisture, in contrast to PFE, made by hot method.

The development of recipes for sausages using turkey meat and protein-fat emulsion based on chicken fat has expanded the range of meat products. According to the organoleptic evaluation of the finished prototypes and the obtained functional and technological indicators, it was found that for further studies, the sample № 2 was selected as a basis with the replacement of raw meat by 30% PFE based on ScanPro T 95 protein and chicken fat.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БІЛКОВО-ЖИРОВОЇ ЕМУЛЬСІЇ НА ОСНОВІ КУРЯЧОГО ЖИРУ

В. М. Пасічний, О. І. Гашук, О. Є. Москалюк, А. Я. Гуралевич
Національний університет харчових технологій

Для формування та підтримання здоров'я в дитинстві важливим є регулярне забезпечення організму білками — природними речовинами, з яких будуються клітини, есенціальними, мікро- і макронутрієнтами і, в необхідному обсязі, баластними та мінорними нехарчовими біологічно-активними компонентами. При розробці рецептур сосисок обрано м'ясо індиків, яке має високу біологічну цінність, тому додавання його до раціону харчування дасть змогу задовольнити потребу людини в тваринних білках не гірше, ніж при вживанні інших видів м'яса. За вмістом деяких мінеральних речовин і вітамінів м'ясо індиків задовольняє потреби організму достатньо повно.

У статті досліджено розроблені рецептури сосисок з використанням м'яса індиків, приведені визначення основних функціонально-технологічних показників м'ясних систем: вологозв'язувальної здатності, стійкості емульсії та вологотримувальної здатності готових м'ясних продуктів.

З метою покращення структури, підвищення соковитості та забезпечення збалансованості за аміно- і жирнокислотним складом у розроблених сосисках була використана білково-жирова емульсія (БЖЕ) на основі тваринного функціонального білка СканПро Т95 та курячого жиру.

Використання функціональних білків тваринного походження рекомендують за умови їх попередньої гідратації або виготовлення білково-жирової емульсії. Результати досліджень функціонально-технологічних показників, представлені у статті, свідчать про те, що БЖЕ, виготовлена за технологією холодного способу, має більшу стійкість і здатна краще зв'язувати вологу, на відміну від БЖЕ, виготовленої за технологією гарячого способу.

Розроблення рецептур сосисок з використанням м'яса індиків і білково-жирової емульсії на основі курячого жиру розширює асортимент м'ясних продуктів. За органолептичною оцінкою готових дослідних зразків та отриманих функціонально-технологічних показників встановлено, що для подальших досліджень обрано за основу зразок № 2 із заміною м'ясної сировини на 30% БЖЕ на основі білка СканПро Т95 і курячого жиру.

Ключові слова: ковбасні вироби, сосиски, курячий жир, білково-жирова емульсія, функціонально-технологічні показники.

Formulation of the problem. The main factor that determines human health in adulthood is nutrition during the first years of life. During this period, the body needs the right amount of micronutrients for the full development and growth of the child: formed and consolidated eating habits and preferences, further development of the

musculoskeletal system, development and differentiation of the central nervous system. Violation of the principles of nutrition at this age can lead to a predisposition to cardiovascular and food-dependent diseases, which can significantly reduce the health and quality of life of an adult. Good nutrition, along with other factors, ensures the development of the child's body, strengthens its immune status, supports adaptation processes at the appropriate level (Smolyar, 2007; Mayurnykova, 2005).

Meeting the demand of the population in safe and biologically complete sausage products is closely related to improving production technology and expanding the range of meat products. In modern conditions, the consumer seeks to eat products with natural ingredients, so sausage manufacturers need to diversify the range of sausages with the addition of healthy ingredients. When developing recipes for innovative meat products, scientists take into account the daily needs for essential nutrients and dietary characteristics of people of different ages.

Analysis of recent research and publications. Research on the problem of improving technology and developing food for children and other groups was contributed by M. Gulich, A. Dorokhovych, M. Peresichny, V. Korzun, V. Pasichny, P. Karpenko, L. Peshuk, Marteau, K. Zanini and others.

Primary processing of broiler chickens produces fat-containing by-products, mainly fat from the abdominal cavity, which without proper processing can cause environmental problems. The use of chicken fat as a protein-fat emulsion in the technology of sausages is relevant. Development of the recipe for sausages for baby food using turkey meat and protein-fat emulsion based on chicken fat and functional animal protein ScanPro T 95 will allow the combination of meat resources of different origin to balance the product's chemical composition and achieve good functional and technological indicators.

Food modeling is the process of designing product as a holistic system, consisting of elements that do not separately provide the specified properties. Only food combinatorics in food design can provide body with essential substances, which causes the problem of expanding the range of functional meat products (Mayurnykova, 2005).

The purpose of scientific work was to improve the technology and development of recipes for sausages from turkey meat using protein-fat emulsion based on low-functional fats and the study of organoleptic and functional-technological indicators of minced meat and finished products.

Materials and methods. Standard research methods were used to determine the organoleptic and physicochemical parameters of model minced meat systems.

Protein-fat emulsion based on ScanPro T 95 protein and chicken fat was prepared according to the recommendations by cold and hot methods.

Hot method: 25 parts of chicken fat, pre-crushed on a skewer with a hole diameter of 2...3 mm, was loaded into a blender and grounded to a homogeneous mass. Then one part of the protein ScanPro T 95 was loaded, the mass was mixed and 25 parts of hot water were poured at a temperature of 75°C and treated to obtain a homogeneous elastic emulsion.

Cold method: 8 parts of chicken fat, pre-crushed on a skewer with a hole diameter of 2...3 mm, was loaded into a blender and grounded to a homogeneous mass. Then

one part of the protein ScanPro T 95 was loaded, the mass was mixed and 8 parts of warm water were poured at a temperature of 30°C and treated to obtain a homogeneous elastic emulsion.

Quality control of the developed recipes was carried out according to the recipe of Sausage “Baby meat” according to TU U 15.1-30486765-002:2005 — Sausage products.

Presentation of the main results of the study. When developing the recipe for sausages, turkey meat was chosen, which has a tender texture, juiciness, aroma and high taste. Low fat content was one of the characteristic features that affected the consistency, color, taste preferences and energy value of this meat in comparison with the meat of broiler chickens (Table 1). Turkey meat is rich in minerals, including iron, phosphorus and sodium (Table 2) (Stefanova, Kulishev & Shakhnazarova, 2013).

Table 1. Chemical composition of turkey meat and broiler chicken 100 g

Name	Broiler chicken fillet	Turkey fillet	Dark broiler chicken meat	Dark turkey meat
Contents:				
Proteins, g	31	30	27	28
Fats, g	4	2	10	6
Energy value, kcal	165	147	205	173

Table 2. Mineral and vitamin composition of turkey and broiler meat

Indicator	Content, mg/100 g of meat	
	Turkey meat	Chicken meat — broilers 1 cat.
Minerals:		
Phosphorus	320	200
Calcium	24	12
Potassium	210	236
Sodium	90	70
Magnesium	19	19
Iron	3.2	1.5
Vitamins:		
A (retinol)	0.18	0.12
B ₁ (thiamine)	0.06	0.15
B ₂ (riboflavin)	0.08	0.16
PP (nicotinic acid)	7.0	6.5

In the diet of preschool children there should be optimal ratio of calcium and magnesium — 1:0.22. It is known that an excess of magnesium can lead to impaired absorption of calcium (Stefanova, Kulishev & Shakhnazarova, 2013).

Therefore, turkey meat has a high protein value, and the inclusion of this meat in the diet will meet the human need for animal protein no worse than when eating other types of meat. According to the content of some minerals and vitamins, turkey meat satisfies the needs of the body quite fully (Смоляр, 2013; Haschuk, Moskalyuk, Grishchenko & Huraleysh, 2020; Haschuk & Moskalyuk, 2020).

Among the protein preparations used in sausage production to improve the functional and technological properties of meat systems, as well as to increase the nutritional and biological value of meat products are eggs or egg products, milk protein preparations (milk powder, sodium caseinate, dairy whey), soy protein concentrates and isolates and animal proteins. Functional animal proteins have a neutral smell or taste of fried meat or pork skin, which distinguishes them from soy proteins. The use of animal proteins significantly improves the sensory characteristics of the finished products and consistency. They act as stabilizers, fat emulsifiers, jellies and gem formers, which significantly improves the appearance of products. ScanPro T 95 protein has unique properties to bind water and fat. It also emulsifies vegetable oil in cold form. This protein can reduce heat loss by up to 10%, thus making the finished products juicy and improving their texture.

The most effective use of functional proteins of animal origin was achieved under the condition of their preliminary hydration, preparation of protein-fat emulsion (PFE), which led to improved structure, increased juiciness of meat products and balance in amino and fatty acid composition (Кишенько, Крыжова, Донец & Топчий, 2014; Пасічний & Полумбрик, 2016; Pasichny, Marinin, Moroz & Geredchuk, 2015).

Emulsification or processing of emulsions is the basis of many technological processes of food production. Emulsions include products of natural origin (milk, dairy products, minced meat). The efficiency of production and stability of emulsions depend on the type of fat and emulsifier, the degree of dispersion of particles, temperature, pH and other factors. Protein plays an important structural role in the process of obtaining emulsions (Kyshenko, Kryzhova & Zhuk, 2017).

When adding fats directly into the minced emulsion, they cause the appearance in the finished product of such defects of consistency as smearing, stickiness. Low-value fats contain a large amount of saturated fatty acids, so at room temperature they are quite solid, which complicates their emulsification. In order to neutralize these shortcomings and to increase the use of low-functional fats, it was advisable to pre-manufacture a protein-fat emulsion, followed by its introduction into the minced meat systems. Emulsions were able to stabilize the fat in their composition and eliminate the granular texture of fat in the finished product (Kotlyar, Topchiiy, 2017).

To study the functional and technological parameters of PFE on the basis of the protein ScanPro T 95 emulsion was prepared, according to the recommendations, by cold and hot methods, according to recipes (Table 3).

Table 3. Formulation of protein-fat emulsion

The name of the component	The method of preparation of PFE	
	Cold	Hot
	The amount of ingredient, kg	
Protein ScanPro T 95	1.0	4.0
Chicken fat	8.0	25.0
Water	8.0	25.0

After the experiment, the moisture-binding capacity of the emulsions and their stability were determined. The data obtained are presented in table 4, they indicate

that the BJE, made by the method of cold method, had greater stability and was able to better bind moisture, in contrast to the PFE, made by hot method.

Table 4. Functional and technological indicators of PFE depending on a manufacturing method

Indicator	Cold way	Hot way
Determination of moisture-binding capacity (DMC), % to total moisture	89.3±0.7	87.8±0.4
Emulsion stability (ES), %	82.0	66.0

So, analyzing the obtained results, it was found that in the development of experimental recipes for sausages it was necessary to use PFE based on chicken fat, made by the cold way.

Protein-fat emulsion can replace from 20 to 40% of raw meat. A series of experiments were performed to determine the amount of replacement of turkey meat with PFE in sausage recipes and to obtain optimal organoleptic and physicochemical parameters. A different amount of PFE was added to each sample: sample 1 — 35%, sample 2 — 30%, sample 3 — 25% of the mass of minced meat. The control of indicators was carried out according to the recipe of Sausage “Baby meat” according to TU U 15.1-30486765-002: 2005 — Sausage products.

The received recipes of model forcemeats with various content of PFE are presented in table 5.

Table 5. Recipes of model stuffing of sausages with different content of PFE

Name of raw materials	Raw material content, %			
	Control	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Beef trimmed 1 grade	20.0	—	—	—
Veal trimmed single grade	30.0	—	—	—
Pork trimmed semi-fat	42.0	—	—	—
Turkey meat	—	57.0	62.0	67.0
Whole milk powder	5.0	5.0	5.0	5.0
Egg melange	3.0	3.0	3.00	3.0
PFE (1:8:8)	—	35.0	30.0	25.0
Spices in g per 100 kg of unsalted raw materials:				
Food salt	2200	2200	2200	2200
Black pepper	—	100	100	100
Sodium nitrite, ml	120	—	—	—

The results of organoleptic evaluation of the developed model recipes of sausages with different content of PFE are presented in the table 6.

Table 6. Organoleptic characteristics of model minced meat systems

Samples	External appearance	Color	Smell	Consistence	Taste	Averagerating
Control	4.3	4.7	5.0	3.0	4.0	4.2
№ 1	4.0	3.0	5.0	4.3	5.0	4.26
№ 2	4.5	3.0	5.0	4.7	5.0	4.44
№ 3	4.0	3.0	5.0	4.0	4.5	4.1

Sample № 1 was characterized by too springy and dense consistency. Moisture in the form of infusion of broth under the shell was released in sample № 3, and the consistency of the experimental sample was loose. Therefore, according to organoleptic parameters, according to the score, the best sample was № 2 with the replacement of 30% of raw meat by PFE.

The main functional and technological indicators of model meat systems with the use of PFE were determined: moisture-binding capacity, emulsion stability and moisture-holding capacity of finished products (Table 7).

Table 7. Functional and technological indicators of model meat systems with different content of PFE

Indicator	Control	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Determination of moisture-binding capacity (DMC), % to total moisture	78.1±0.1	82.2±0.6	81.7±0.2	78.1±0.1
CE, %	56.8±0.5	75.4±0.1	75.5±0.4	56.8±0.3
Moisture holding capacity (MHC), %	69.25±0.03	76.2±0.2	75.4±0.3	66.3±0.1

The obtained experimental data show that the best indicators of emulsion stability, moisture-binding and moisture-holding capacity were in the samples № 1 and № 2 and were respectively: DMC — 82.2% and 81.7%, CE — 75.4% and 75.5%, moisture holding capacity in accordance — 76.2% and 75.4%.

The results of studies of the chemical composition of the developed recipes for sausages are shown in table 8.

Table 8. Chemical composition of the formulations of the developed sausages from PFE

Sample	Indicators				
	Protein content, %	Moisture content, %	Fat content, %	Ash content, %	Energy value (kcal/100g)
Control	no less than 10	no more than 75	no more than 30	no more than 1.2	252
Sample 1	12.5	68±0.3	17±0.16	1.2±0.1	203.0
Sample 2	11.2	65.8±0.2	21±0.2	1.1±0.15	233.8

Developed sausages were characterized by a high content of complete animal protein and important for the body collagen, protein that participates in various body functions: protective — ensuring the strength of tissues and protection against mechanical damage; support — fastening and forming the shape of organs and skeleton as well as restorative (cell regeneration); which together with elastin fibers provides elasticity of fabrics; inhibits the development of melanoma (tumor-like formations of the skin); stimulates the formation of cell membranes.

Conclusion

1. By optimizing the choice of different types of raw materials and ratios of ingredients, there were received model minced systems of protein-fat emulsion based on chicken fat and animal protein ScanPro T 95, as well as model minced sausages

from turkey meat with different content of protein-fat emulsion, corresponding to the best organoleptic, functional-technological indicators and content of essential substances.

2. According to the results of organoleptic evaluation of finished prototypes and obtained functional and technological indicators, it was established that for further research to improve the technology and development of the recipe there was selected sample № 2 as a basis with replacement of raw meat by 30% of protein-fat emulsion based on ScanPro protein T 95, chicken fat.

3. According to organoleptic parameters and chemical composition, the developed sausages meet the requirements according to regulatory documents. The protein content was 12.5%, fat content — 17%.

References

Винникова Л. Г. (2006). Некоторые аспекты формирования структуры колбасных изделий. *Мясное дело*, 4, 64—65.

Кишенько И. И., Крыжова Ю. П., Донец А. П., Топчий О. А. (2014). Производство реструктурированных ветчинных продуктов с использованием белково-жировой эмульсии. *Вестник Алматинского технологического университета*, 4, 48—54.

Пасічний В. М., Полумбрик М. М. (2016). Внесення колагенвмісних сумішей в фаршеві системи. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Харчові технології*, 18(2), 150—153.

Смоляр В. І. (2013). Формула раціонального харчування. *Проблеми харчування*, 1, 5—9.

Haschuk O., Moskalyuk O., Grishchenko A., Huraleych A. (2020). *Development of meat products for special food. Innovative development of hotel and restaurant industry and food production: Materials of the I International scientific-practical. internet conference. Prague: Oktan Print s.r.o.*

Haschuk O., Moskalyuk O. (2020). *Development of recipes for meat products for baby food for therapeutic and prophylactic action*. The recommended citation for this publication is: Ivanov I. Analysis of the phanistic composition of Ukraine Topical issues of the development of modern science. Abstracts of the 10th International scientific and practical conference. Publishing House “ACCENT”. Sofia, Bulgaria.

Kyshenko I. I., Kryzhova Y. P., Zhuk V. O. (2017). Особливості використання білково-жирової емульсії в технології реструктурованих шинок. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 97—101.

Kotlyar Y., Topchiy O. (2017). Розробка рецептур м'ясних паштетів з використанням білково-жирових емульсій на основі вітамінізованих купажованих рослинних олій. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 89—96.

Mayurnyukova L. (2005). Healthy nutrition of children — a pledge of the future health of the nation. *Business Kuzbass*, 8(2), 26.

Pasichny V., Marinin A., Moroz O., Geredchuk A. (2015). Development of combined protein-fat emulsions for sausages and semi-finished products with poultry meat. *Eastern European Journal of Advanced Technology*, 1/6(72), 32—38.

Smolyar V. (2007). Modern problems of children's nutrition: *Problems of nutritio*, 3, 22—30.

Stefanova I., Kulishev B., Shakhnazarova L. (2013). Turkey meat in products of specialized nutrition. *Meat industry*, 3, 12—15.

EFFECT OF PROTEIN-MINERAL ADDITIVE ON THE PROPERTIES OF WHEAT FLOUR GLUTEN

I. Kholobtseva, M. Serik, O. Samohvalova

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

*Protein mineral additive
Wheat flour
Gluten
Buttery flour products
Calcium compounds*

Article history:

Received 18.03.2021
Received in revised form
08.04.2021
Accepted 22.04.2021

Corresponding author:

I. Kholobtseva

E-mail:

ira-tkdda@i.ua

ABSTRACT

It was proposed to improve the technology of butter cookies by using protein-mineral additive in order to enrich the product with digestible calcium compounds. Analysis of the literature showed that the use of innovative ingredients can affect the quality characteristics of the product through the impact on the gluten behavior. Based on the above, the aim of the article was to study the effect of protein-mineral additive on the properties of wheat flour gluten. The object of research was the properties of gluten proteins and their changes in the system of wheat flour — an additive with its content up to 7%.

The yield of raw gluten in flour was evaluated by the standard method. The springy properties of gluten were investigated with the GSM-5 device. Qualitative characteristics were measured by well-known methods. Two types of additives with chondroitin sulfate content up to 20% (MPMA) and without them (PMA) were used.

Studies have shown an increase in the yield of gluten by 1.9% when using MPMA and a decrease in its yield by 1.4% when using PMA. A decrease in the gluten hydration capacity with the addition of both types of additives to 25% was established.

It was found that the PMA use increased the elongation to 4.1 cm, decreased the springiness by at 4.0 units of GDM and increased the spread of the gluten ball by 3.0 mm. When using MPMA the decrease of elongation to 1.5 cm, an increase of springiness by 3.0 units of GDM and a decrease of the spread of the gluten ball by 1.2 mm took place. It was found that the use of PMA caused a weakening of gluten proteins; the use of MPMA caused an increase of springiness and decrease of the spread of the ball, which were undesirable in the technology of butter cookies.

The established patterns determined the further need to adjust the recipe of cookies in order to ensure adequate strength and crumbly structure of the final product.

ВПЛИВ ДОБАВКИ БІЛКОВО-МІНЕРАЛЬНОЇ НА ВЛАСТИВОСТІ КЛЕЙКОВИНИ БОРОШНА ПШЕНИЧНОГО

І. П. Холобцева, М. Л. Серік, О. В. Самохвалова

Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті запропоновано удосконалення технології здобного печива шляхом використання добавки білково-мінеральної з метою збагачення виробу засвоюваними сполуками кальцію. Аналіз літературних джерел довів, що використання інноваційних інгредієнтів може суттєво вплинути на якісні характеристики кінцевого продукту через вплив на поведінку клейковинного комплексу. Досліджено вплив добавки білково-мінеральної на властивості клейковини пшеничного борошна. Об'єктом досліджень були властивості білків клейковини та їхні зміни в системі пшеничне борошно-добавка з вмістом добавки до 7%.

Вихід сирової клейковини в борошні оцінювали стандартним методом. Пружні властивості клейковини досліджували на пристрої ВДК-5. Якісні характеристики вимірювали за загальновідомими методиками. Використовували два види добавки з вмістом хондройтинсульфатів до 20% (ДБММ) та без них (ДБМ).

Дослідження довели збільшення виходу сирової клейковини на 1,9% при використанні ДБММ та зменшення її виходу на 1,4% при використанні ДБМ, а також зменшення гідратаційної здатності клейковини при додаванні обох видів добавки до 25%.

З'ясовано, що при використанні ДБМ відбувається збільшення розтяжності до 4,1 см, зменшення пружності на 4,0 одиниці ВДК та збільшення розпливання кульки клейковини на 3,0 мм. При використанні ДБММ відбувається зменшення розтяжності до 1,5 см, збільшення пружності на 3,0 одиниці ВДК та зменшення розпливання кульки клейковини на 1,2 мм. використання ДБМ зумовлює послаблення клейковинних білків, а використання ДБММ спричиняє більшення пружності та зменшення розпливання кульки, які є небажаними в технології здобного печива.

Встановлені закономірності зумовлюють подальшу необхідність коригування рецептурного складу здобного печива з метою забезпечення відповідної міцності та розсипчастої структури кінцевого виробу.

Ключові слова: добавка білково-мінеральна, борошно пшеничне, клейковина, здобні борошняні вироби, сполуки кальцію.

Постановка проблеми. Обсяги виробництва й асортимент борошняних кондитерських виробів в Україні за останні роки збільшуються. Цьому сприяють такі фактори: активізація і ріст виробничих потужностей провідних вітчизняних виробників кондитерської продукції, запровадження ними інноваційних підходів виробництва виробів з урахуванням вимог ринку споживачів, галузевих і регіональних особливостей (Гринько & Лесів, 2020); розвиток невеликих місцевих кондитерських фабрик і цехів, які спеціалізуються на випуску вузького сегмента

продукції у великих обсягах; розробка і впровадження у виробництво рецептур борошняних виробів з поєднанням різних кондитерських мас (цукерковими, мармеладними, грильязними тощо) з використанням нетрадиційних видів сировини, вторинних продуктів переробки сировини рослинного й тваринного походження, вітамінів і мінеральних нутрієнтів. Останні три перелічені способи дають змогу товаровиробникам не тільки розширити асортимент продукції і збільшити її об'єм виготовлення, але й організувати випуск продуктів оздоровчого та дієтичного призначення, що сьогодні є актуальною тенденцією як у харчовій галузі в цілому, так і в кондитерській зокрема. Попит споживачів на ці групи товарів постійно збільшується. Так, науковці визначають основні причини цього фактора — це «хвороби цивілізації», які пов'язані з несприятливим станом навколишнього середовища, особливостями харчування різних верств населення, зокрема різкий ріст споживання так званого «фаст-фуду» і «стріт-фуду»; скорочення сировинної бази та підприємств з виробництва й переробки сировини; зміна структури харчування, що включає надходження до організму людини рафінованих, штучних і модифікованих компонентів, гідрогенізованих жирів, очищених зернових, що призводить до дефіциту вітамінів, мікро- та макронутрієнтів, поліненасичених жирних кислот тощо (Лялик, Крисовська & Кравчук, 2017).

Враховуючи вищенаведені фактори, перед вченими та товаровиробниками харчових продуктів постає нагальне завдання щодо покращення хімічного складу і насичення борошняних кондитерських виробів життєво необхідними компонентами, зокрема кальцієвмісними добавками, адже їжа є основним джерелом їх надходження в організм людини. Окрім вищеозначеного завдання, слід технологічно обґрунтувати процес їх виробництва, а також забезпечити властиві споживні й технологічні характеристики. Однак введення різноманітних добавок і поліпшувачів до складу борошняних продуктів може впливати на ряд структурно-механічних характеристик напівфабрикатів і готових виробів. Слід відмітити, що такий вплив може відобразитися як у бік покращення цих якостей, так і навпаки. Тому при розробці нового продукту визначення та дослідження цього впливу, а також взаємодії введеного компоненту з іншими складовими рецептури є доцільним. При виготовленні борошняних виробів важливе значення, з технологічної точки зору, має якість і стан клейковинного комплексу, оскільки цей показник найбільшою мірою впливає на структуру готових виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенням завдань зі створення високоякісних функціональних борошнистих кондитерських виробів займалися А. М. Дорохович, В. І. Дробот, В. М. Ковбаса, К. Т. Іоргачова, І. В. Сирохман, Г. М. Лисюк, М. І. Пересічний, Л. В. Капрельянц та ін. Дослідження вищеназваних вчених були присвячені розробці новітніх кондитерських продуктів, зокрема печива, пряників, вафель, бісквітів, кексів, шляхом введення у їх рецептури переважно нетрадиційних видів сировини: різних видів борошна — кукурудзяного, житнього, рисового, гречаного та ін.; побічних продуктів переробки зернопереробної промисловості — висівки та зародки пшеничні; побічних продуктів переробки овочів, фруктів, ягід, лікарських рослин — пюре та порошки моркви, гарбуза, імбиру, обліпихи, жому бурякового, вичавок виноградних; продуктів

переробки сировини тваринного походження — ячної шкаралупи, сухої сироватки; продуктів переробки морської сировини — сухих водоростей. Введення цих компонентів у виробу, відповідно до науково обґрунтованого співвідношення, дає змогу, за твердженнями авторів, модифікувати їх амінокислотний склад, створювати безглютенові вироби, корегувати глікемічний індекс, кількість редукувальних речовин, пектинових речовин, харчових волокон, мікро- та макро-нутриєнтів, органічних кислот, вітамінів. Впровадження зазначених заходів комплексно впливає на хімічний склад та енергетичну цінність виробів, подовжує термін їх зберігання. Розроблені рецептури без додавання традиційної сировини і введенням нового компоненту з метою створення дієтичних продуктів (для хворих на діабет) — заміна цукру на лактилол, фруктозу, порошок топінамбуру (Lukin & Bitiutskikh, 2017; Іоргачова, Макарова, Хвостенко & Котузаки, 2017; Mukhaylov *et al*, 2019; Сирохман & Лозова, 2016). Зарубіжними вченими розроблена технологія печива з повною заміною традиційного пшеничного борошна на мікопектинове борошно *Pleurotus albidus* з метою збільшення вмісту білка, харчових волокон та антиоксидантної активності у виробках (Stoffel, Santanam, Fontana & Camassola, 2021). Слід відмітити, що дослідження вчених були спрямовані, зокрема, на встановлення впливу нетрадиційних компонентів на структурно-механічні властивості напівфабрикатів, зокрема на клейковинний комплекс тіста.

Так, А. М. Дорохович проведено дослідження впливу гарбузового поре і шроту з насіння гарбуза на клейковинний комплекс зтяжного тіста. Автором визначено, що при внесенні цих компонентів в кількості 37% і 16% відповідно спостерігається ослаблення клейковинного комплексу тіста — збільшуються показники розтяжності, зменшується пружність. За рахунок внесення разом з поре в тісто харчових волокон спостерігається незначне зменшення кількості сирової клейковини. Також відзначено різке (на 50%) падіння гідратаційної здатності тіста (Дорохович & Петренко, 2016). У працях В. М. Ковбаси, В. В. Дорохович досліджено зміни клейковинного комплексу борошна пшеничного за наявності сорбіту, фруктози, мальтитола, еритритолу та ізомальтитола в технології дієтичних борошняних виробів. Встановлено, що зазначені цукрозамінники, як і цукор білий, спричиняють зменшення масової частки сирової клейковини, зниження показника ВДК, гідратаційної здатності та розтяжності, тобто сприяють укріпленню клейковини. Вказаний вплив цих продуктів автори пояснюють їх дегідратаційними властивостями та відзначають можливість застосування цих речовин у технології різних груп борошняних кондитерських виробів, зокрема пряників (Дорохович, Донець, Сулима & Дорошенко, 2019; Дорохович & Ковбаса, 2006). Також проведені дослідження з визначення впливу борошна кукурудзяного екструдованого на якість клейковини бісквітних виробів. Отримані результати показали, що таке борошно призводить до зниження виходу клейковини, спостерігається її стислість, знижується розтяжність, якість знаходиться на рівні зразку. На підставі отриманих даних розробники визначили оптимальний вміст цього борошна в складі суміші для бісквітів (Лісовська, Покотило & Чорна, 2014). Вченими Національного університету харчових технологій вивчено вплив високобілкових рослинних добавок (білкових ізолятів сої, гороху та рису) на клейковинний комплекс

тіста з пшеничного борошна. Встановлено негативний вплив цих ізолятів на структурно-механічні властивості тіста, що позначилося на кількості і якості сирової клейковини (зниження її вмісту відбулося на 1,5...2,2%). Експериментальним шляхом авторами доведено доцільність сумісного внесення ізолятів і сухої пшеничної клейковини. Результати показали, що кількість як сирової, так і сухої клейковини знижується на 1,5...3,5%, на 25...40% знижується гідратаційна здатність відмитої клейковини, спостерігається її зміцнення за показниками ВДК на 3...13 од приладу (Махинько, Шаран, Шаран & Черниш, 2018). Розроблена технологія зтяжного кондитерського тіста з використанням зшитого крохмалю та ізоляту молочного білка. Результати показали, що при використанні цих компонентів спостерігається укріплення клейковинного комплексу тіста — зменшується розтяжність і пружність клейковини. Внесення нової сировини також призводить до зменшення кількості сирової клейковини та значного падіння її гідратаційної здатності (на 35 та 48% відповідно). Укріплення клейковинного комплексу відповідним чином також впливає на структурно-механічні показники зтяжного тіста — підвищує його пружно-еластичні характеристики, знижує адгезивні властивості та зміцнює структуру тіста в цілому (Дорохович & Петренко, 2017).

З метою збагачення борошняних виробів на кальцевмісні сполуки науковцями (Шидакова-Каменюка, Рогова, Чоні & Терещенко, 2020) обґрунтовано використання порошку ячної шкарлупи у складі бісквітних напівфабрикатів та визначено вплив цього компоненту на структурно-механічні властивості тіста. Так, зазначено, що внаслідок кальцій-білкової взаємодії знижується кількість дисульфідних зв'язків у молекулах гліадину та глютеніну, змінюється просторова конфігурація білкових молекул, зменшується щільність їх упаковки. Це призводить до часткової втрати клейковинними білками своїх функціонально-технологічних властивостей, зокрема здатності до набрякання, що позитивно впливає на формування пористої структури готових виробів.

Виходячи з вищенаведеного, можна зробити висновок, що введення різних добавок і нетрадиційної сировини до складу борошняних виробів призводить до структурно-механічних змін тіста і кінцевої продукції, що обумовлено впливом нових інгредієнтів на білкові речовини борошна. Системні дані про вплив білково-мінеральних добавок на властивості клейковини пшеничного борошна на теперішній час обмежені. Розроблена рецептура і технологія виробництва здобного печива, збагаченого добавкою білково-мінеральною, з метою підвищення у виробі засвоюваних сполук кальцію. З огляду на це, доцільним є визначення впливу добавки на клейковинний комплекс пшеничного борошна з метою забезпечення необхідних структурно-механічних характеристик кінцевого продукту.

Метою статті є дослідження впливу добавки білково-мінеральної (ДБМ) та добавки білково-мінеральної модифікованої (ДБММ) на властивості клейковини пшеничного борошна.

Об'єктом досліджень є властивості білків клейковини та їх зміни у системі пшеничне борошно-добавка.

Предметами досліджень обрано ДБМ, ДБММ, борошно пшеничне вищого гатунку, клейковину борошна пшеничного, відмиту із суміші пшеничного борошна та добавок.

Матеріали і методи. Вихід сирої клейковини в борошні оцінювали стандартним методом (Шидакова-Каменюка, Новік, Олійник & Запаренко, 2017). Пружні властивості клейковини досліджували на пристрої ВДК-5 (Шидакова-Каменюка, Новік, Олійник & Запаренко, 2017). Здатність до розтягування та розтяжність кульки клейковини вимірювали згідно з (Шидакова-Каменюка, Новік, Олійник & Запаренко, 2017). З метою визначення гідратаційних характеристик клейковини реалізовували її ручне відмивання (Шидакова-Каменюка, Новік, Олійник & Запаренко, 2017) із подальшим визначенням вологості в сушильному апараті до постійної маси. Гідратаційну здатність виражали як відсоток зв'язаної вологи щодо вмісту сухих речовин.

Викладення основних результатів дослідження. Проводили дослідження систем пшеничного борошна вищого гатунку та добавки білково-мінеральної. У дослідженнях використовували два види добавки білково-мінеральної — ДБМ і ДБММ. Основу обох добавок складають частково термічно гідролізовані колагенові білки, які є матриксом для утворення хелатних комплексів з кальцієм і магнієм. Вони містять мінеральні сполуки кальцію у вигляді цитрату, що сприяє ефективній підтримці рівня елемента в крові. До того ж кальцій знаходиться в добавках в органічних білково-зв'язаних формах, що мають високу метаболічну активність і забезпечують його депонування в тканинах. Часткова дисоціація цитрату кальцію зумовлює виражені кальцій донорські властивості. Відмінністю добавок є те, що ДБММ містить до 20% хондроїтинсульфатів, які відносяться до гетерополісахаридів, мають виражені комплексоутворюючі властивості та є важливим біологічним фактором для засвоювання сполук кальцію. Водночас вони значним чином можуть підвищувати в'язкість водних розчинів і стабілізувати дисперсні системи. Хімічний склад добавок наведений у табл. 1. (Черевко та ін., 2014).

Таблиця 1. Хімічний склад добавок білково-мінеральних

Назва показника	Вміст	
	Добавка білково-мінеральна	Добавка білково-мінеральна з хондроїтинсульфатом
Масова частка вологи, %	6,1±0,2	6,2±0,2
Масова частка білка, %	75,5±2,75	60,2±2,5
Масова частка жиру, %	8,1±0,4	6,5±0,3
Масова частка хондроїтинсульфату, %	0,2±0,005	19±1,0
Масова частка золи, % у т. ч.	10,1±0,4	8,1±0,3
Масова частка кальцію, %	7,5±0,4	6,7±0,0,35
Масова частка магнію, %	0,35±0,02	0,31±0,02

Зважаючи на те, що цільовим використанням ДБМ та ДБММ є технологія здобного печива, найбільш важливими аспектами є вивчення їх впливу на фор-

мування емульсійної системи та властивості клейковини, зокрема на білкові речовини, властивості яких є вирішальними у формуванні структури здобного печива. Необхідність використання у дослідженнях добавок двох видів зумовлена доцільністю виявлення впливу хондроїтинсульфату на властивості клейковини пшеничного борошна.

Добавки білково-мінеральні попередньо перед введенням до системи замочували у воді протягом $(10 \dots 14) \times 60$ с при температурі $20 \dots 24^\circ\text{C}$. Додана волога враховувалася при розрахунку загальної вологості суміші борошно:добавка. Необхідність проведення попередньої гідратації добавки пов'язана із забезпеченням кращої реалізації її технологічних властивостей та нейтралізації її негативного сенсорного сприйняття у складі готового продукту (відчуття хрускоту).

Досліджували вихід сирової клейковини у модельних зразках з додаванням $1,0 \dots 7,0\%$ добавок до маси борошна. Як контроль використовували зразки без добавок. Доцільність вказаного дозування добавок визначена дослідним шляхом з метою забезпечення 100 г готової продукції вмістом кальцію на рівні $50\text{—}320$ мг відповідно.

На рис. 1 приведені результати дослідження виходу сирової клейковини залежно від кількості ДБМ (1) та ДБММ (2). Це дало змогу виявити вплив окремих компонентів добавок. Так, спостерігається протилежна дія до виходу кількості сирової клейковини на $1,4\%$ у системі, що містить ДБМ. ДБММ, що містить хондроїтинсульфат, забезпечує збільшення виходу сирової клейковини на $1,9\%$. Імовірно, такі залежності зумовлені різновекторною дією різних компонентів добавки.

Хондроїтинсульфати здатні до утворення із білками комплексів переважно за рахунок взаємодії із амінокислотою серином (Volpi, 2006), вміст якої у пшеничному борошні становить $4,1 \dots 4,7\%$ від маси білка. При цьому молекулярна маса комплексів може бути дуже великою (Volpi, 2006).

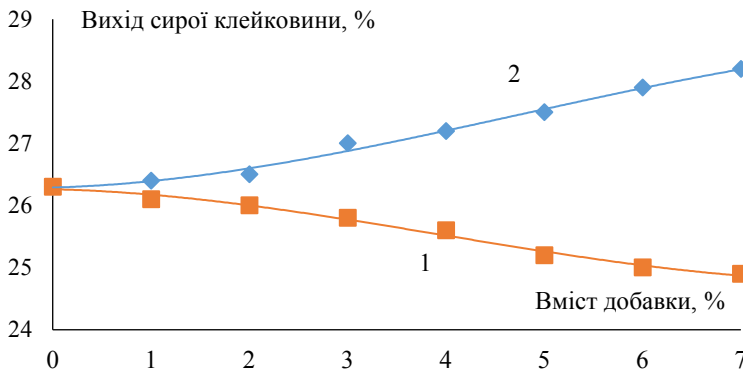


Рис. 1. Вихід сирової клейковини в системі пшеничне борошно–вода–добавка при використанні ДБМ (1) та ДБММ (2)

Також очевидними є кальцій донорські властивості добавки завдяки вмісту цитрату кальцію, який є малорозчинною сіллю, проте в добре гідратованих системах здатний до часткової дисоціації. Третім важливим компонентом, який

здатний взаємодіяти із компонентами борошна, є частково гідролізовані колагенові білки, які також можуть вплинути на формування клейковинного каркасу та його властивості.

З одного боку, збільшення виходу сирової клейковини є небажаним ефектом через можливість надлишкової гідратації клейковинних білків і збільшення міцності готової продукції. З іншого — ключовим аспектом є здатність білків клейковини до набрякання. Відомо, що іони кальцію забезпечують зменшення набрякання білків клейковини (Яковлев, 2004), що може частково нівелювати ефект збільшення виходу сирової клейковини. Разом із цим значення виходу сирової клейковини до 30% цілком відповідає вимогам щодо борошна для виготовлення здобного напівфабрикату.

У зв'язку з цим досліджували гідратаційну здатність клейковинних білків за наявності обох дослідних добавок (рис. 2).

Встановлено, що при вмісті добавки на рівні 2,0% зміни гідратаційної здатності клейковини майже не відбуваються. Ймовірно, це зумовлено низькою концентрацією іонів кальцію, які в такій кількості не викликають істотних змін.

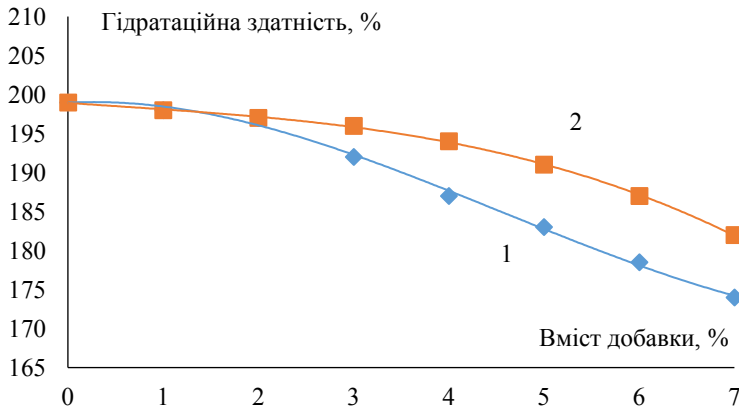


Рис. 2. Гідратаційна здатність клейковини системи борошно пшеничне–добавка при використанні ДБМ (1) та ДБММ (2)

Проте при вмісті добавки на рівні 5,0...7,0% зниження гідратаційної здатності сягає 17,0...25,0%. При цьому зменшення показника більш виражене у добавки, що не містить хондроїтинсульфат. Ймовірно, це пов'язано з більш вираженими кальцій донорськими характеристиками та компенсуючою дією хондроїтинсульфату.

Зменшення гідратаційної здатності є позитивним аспектом з огляду на бачення використання добавок у технології здобного печива. Це частково може компенсувати збільшення кількості клейковини, що відмивається у системах, які містять ДБММ.

Важливими характеристиками клейковини борошна є також здатність до розтягування, пружність і розпливання її кульки. Це характеризує структурно-механічну поведінку тіста. Результати дослідження здатності до розтягування клейковини, пружності та розпливання кульки наведені на рис. 3—5.

Аналіз наведених графіків свідчить про те, що добавка білково-мінеральна залежно від свого складу спричиняє різновекторний вплив на властивості клейковини. Встановлено, що при використанні ДБМ відбувається збільшення розтяжності до 4,1 см, зменшення пружності на 4,0 одиниці ВДК та збільшення розпливання кульки клейковини на 3,0 мм, що зумовлено кальцій донорськими властивостями добавки. При використанні ДБММ відбувається зменшення розтяжності до 1,5 см, збільшення пружності на 3,0 одиниці ВДК та зменшення розпливання кульки клейковини на 1,2 мм. З точки зору формування властивостей здобного печива тенденція пружності клейковини та розпливання кульки у зразку (2) є негативною. Ймовірно, це зумовлено різнонаправленою дією іонів кальцію та хондроїтинсульфатів на білки клейковини. Дія іонів кальцію на клейковину зумовлює її послаблення.

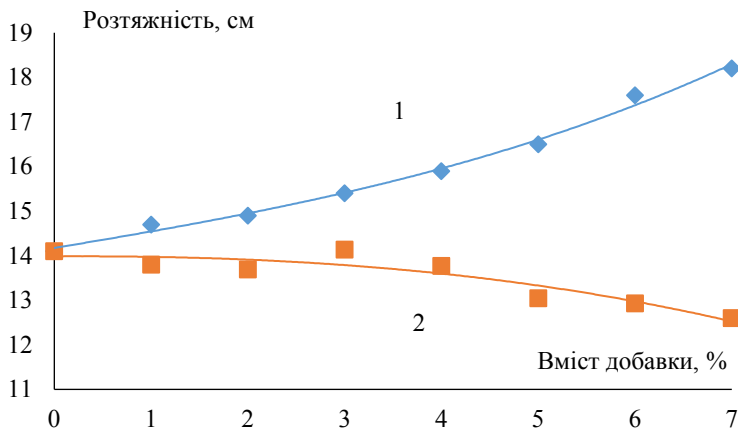


Рис. 3. Здатність до розтягування клейковини системи борошно пшеничне–добавка при використанні ДБМ (1) та ДБММ (2)

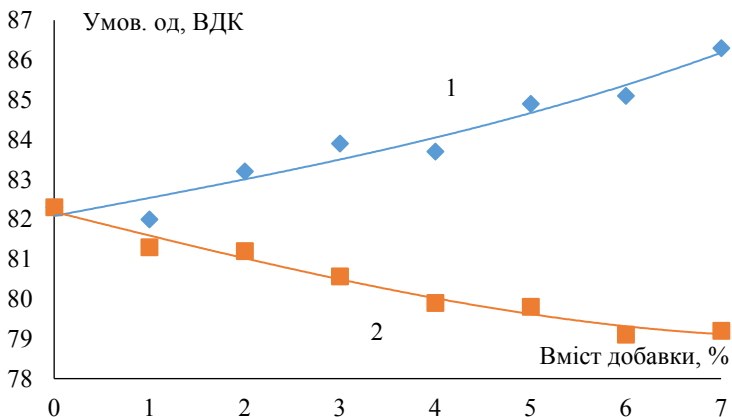


Рис. 4. Пружність клейковини системи борошно пшеничне–добавка при використанні ДБМ (1) та ДБММ (2)

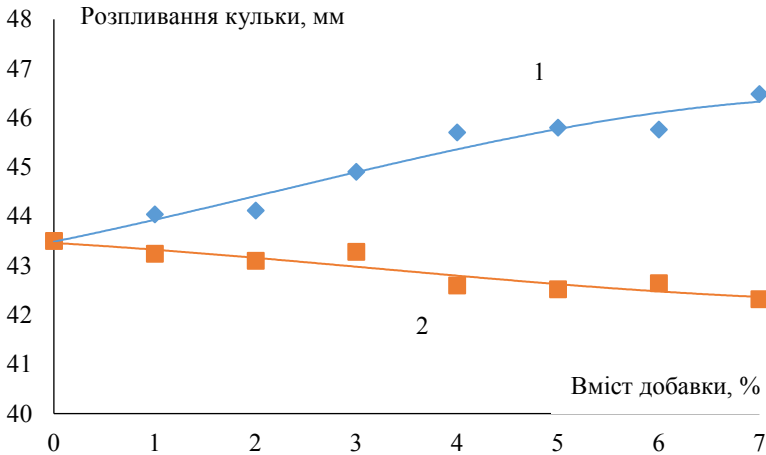


Рис. 5. Розпливання кульки системи борошно пшеничне-добавка при використанні ДБМ (1) та ДБММ (2)

Разом із цим хондроїтинсульфати за рахунок комплексоутворюючих властивостей зумовлюють її зміцнення.

Висновки

Встановлено, що добавки залежно від свого складу по-різному впливають на властивості клейковини пшеничного борошна. При використанні ДБМ спостерігається зменшення виходу сирової клейковини на фоні зменшення її гідратованості, а також збільшення її здатності до розтягування, розпливання кульки та зменшення пружності, що свідчить про послаблюючий вплив ДБМ на клейковину пшеничного борошна. За наявності ДБММ спостерігається збільшення виходу сирової клейковини і зменшення її гідратованості, а також зменшення її здатності до розтягування та розпливання кульки, поряд зі збільшенням пружності. Це свідчить про зміцнюючий вплив ДБММ на клейковину пшеничного борошна.

Виходячи з цільового використання добавки в технології здобних борошняних виробів і фізіологічно більш ефективного використання ДБММ, доцільним є проведення подальших досліджень у напрямі коригування рецептурного складу здобних борошняних виробів з метою забезпечення відповідних структурно-механічних характеристик кінцевого продукту та нівелювання негативного впливу ДБММ на властивості клейковини.

Література

- Гринько Т. В., Лесів І. Г. (2020). Сучасний стан та проблеми розвитку кондитерських підприємств в Україні. *Perspective directions of science and practice*, 190—193.
- Дорохович В. В., Донець А. С., Сулима В. С., Дорошенко Т. В. (2019). Вплив мальтитолу, ізомальтитолу, еритритолу на формування клейковинного комплексу. *Наукові праці НУХТ*, 2(25), 261—266.
- Дорохович В. В., Ковбаса В. Н. (2006). Доцільність використання цукрозамінників при виробництві борошняних кондитерських виробів. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*, 29(2), 176—181.

Дорохович А. М., Петренко М. М. (2017). Використання модифікованого крохмалю та ізоляту молочного білка в технології зтяжного печива спеціального призначення. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 23(4), 159—166.

Дорохович А. М., Петренко М. М. (2016). Розробка технології зтяжного печива спеціального призначення з врахуванням вимогнутриціології для людей похилого віку. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*, 24(2). Взято з: <http://188.190.33.55:7980/jspui/handle/123456789/869>.

Юргачова К. Г., Макарова О. В., Хвостенко К. В., Котузаки О. М. (2017). Підвищення та стабілізація якості борошняних кондитерських виробів завдяки використанню різних видів борошна. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 23(5/1), 217—228.

Лісовська Т. О., Покотило О. С., Чорна Н. В. (2014). Вивчення можливості використання борошна кукурудзяного екструдованого в технології бісквітного напівфабрикату. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*, 16(2/3), 133—139.

Лялик А., Крисовська Л., Кравчук Л. (2017). Концепція функціональних харчових продуктів. *Тези доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Стан і перспективи харчової науки та промисловості»*, 114—115.

Махинько В. М., Шаран А. В., Шаран Л. О., Черниш Л. М. (2018). Вплив ізолятів рослинних білків на клейковинний комплекс пшеничного тіста. *Харчова промисловість*, 23, 21—26.

Сирохман І. В., Лозова Т. М. (2016). *Інноваційні напрями в технології та поліпшенні споживчих властивостей борошняних кондитерських виробів*. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій «Технологічні аспекти підвищення конкурентоспроможності хліба і хлібобулочних виробів» та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі». Київ, НУХТ.

Черевко О. І., Михайлов В. М., Головка М. П., Головка Т. М., Серік М. Л., Полупан В. В. & Бакіров М. П. (2014). *Наукові основи технології мінералізованих продуктів харчування: монографія в 3 ч. Ч. 3. Технологія збагачувальних білково-мінеральних добавок та продуктів харчування оздоровчого призначення з їх використанням*. Харків: ХДУХТ.

Шидакова-Каменюка О. Г., Новік Г. В., Олійник С. Г., Запаренко Г. В. (2017). Вплив продуктів переробки горіхової сировини на технологічні властивості борошна пшеничного. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 23(4), 183—190.

Шидакова-Каменюка О. Г., Рогова А. Л., Чоні І. В., Терещенко М. В. (2020). Розробка технології бісквітного напівфабрикату, збагаченого мінеральними речовинами. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі: Technical Sciences*, 1(91), 62—70.

Яковлев В. В. (2004). *Применение кальцийсодержащих добавок в хлебопечении*. Автореферат на соискание научной степени кандидата технических наук. Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, С.-Пет.

Lukin A., Bitiutskikh K. (2017). Investigation on the use of hemp flour in cookie production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(4), 664—667.

Mykhaylov V., Samokhvalova O., Kucheruk Z., Kasabova K., Simakova O., Goriainova I., Rogovaya A., Choni I. (2019). Influence of microbial polysaccharides on the formation of structure of protein-free and gluten-free flour-based products. *Technology and equipment of food production*, 6/11(102), 23—32.

Stoffel F., Santanam W., Fontana R., Camassola M. (2021). Use of pleurotus albidus myco-protein flour to produce cookies: evaluation of nutritional enrichment and biological activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102642>.

Volpi N. (2006). *Chondroitin sulfate: Structure, role and pharmacological activity*. Adv Pharmacol.

OBTAINING BIOPHFLAVONOID CONCENTRATES FROM MEDICINAL RAW MATERIALS

G. Simakhina

National University of Food Technologies

Key words:

Phehnolic compounds
Flavonoids
Herbs
Extraction
Concentrates
Pharmacological effect

Article history:

Received 09.03.2021
Received in revised form
23.03.2021
Accepted 06.04.2021

Corresponding author:

G. Simakhina
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The reasonable nutrition is the essential constituent of the healthy lifestyle, since it provides the proper state of health, helps to restore the longevity reserve, and increases the quality of life. The reasonable nutrition is now being studied as not only the source of all the necessary plastic materials and energy, but also the factor of compliance with the complex correlations between the numerous micronutrients in terms of their qualitative and quantitative composition. Nowadays, it is considered the main method to treat the alimentary conditioned diseases and to prevent them well.

During the metabolic processes in human organism, there are recurring various reactions, resulting in the apparition of oxygen reactive forms, or the so-called free radicals. Providing that the organism is sane, these processes will not only cause no harmful consequences, but also become productive and helpful. However, free radicals will accumulate in excessive amounts unless a human is not exposed to internal and external malignant factors. The general state of cells attacked by free radicals is defined as oxidative stress; free radicals, in turn, would initiate the chain-reaction oxidation of the cell's elements, particularly lipids, membrane proteins and DNA, which, in progress, would cause decay of the cell and proliferation of various diseases, including those of autoimmune etiology.

According to the recent scientific information, natural antioxidants are believed to be the most effective means to fight the excess of free radicals. Thanks to their structure, natural antioxidants can be the donors of either protons or electrons and, therefore, be able to neutralize free radicals. The compounds of phenolic nature, or bioflavonoids contained by the majority of herbs in different concentrations, reveal high antioxidative capacity. Therefore, herbs are nowadays widely used in therapy as well as in food technologies.

In this article, an array of herbs was evaluated for bioflavonoids that impart the evident preventive and curative effects to the former, and the technology of obtaining dry and condensed concentrates as the plentiful fortifiers of various food bases was elaborated and proved.

ОТРИМАННЯ КОНЦЕНТРАТІВ БІОФЛАВОНОЇДІВ ІЗ ЛІКАРСЬКОЇ СИРОВИНИ

Г. О. Сімахіна

Національний університет харчових технологій

Раціональне харчування є найважливішою складовою здорового способу життя, воно забезпечує належний стан здоров'я, допомагає реалізувати резерв довголіття, підвищити якість життя. Раціональне харчування розглядається не лише як джерело постачання організму необхідними пластичними матеріалами та енергією, а й дотримання складних співвідношень між численними мікронутрієнтами з точки зору їхнього якісного та кількісного складу. Раціональне харчування — це також дієвий засіб боротьби з аліментарно залежними хворобами та профілактики їх виникнення.

У процесі метаболізму в клітинах організму людини відбуваються різноманітні реакції, побічними продуктами яких значною мірою є реакційно активні форми кисню, так звані вільні радикали. У здоровому організмі ці процеси не лише не викликають негативних наслідків, а й є необхідними та корисними. Однак при несприятливих впливах на людину зовнішніх і внутрішніх чинників, у тому числі негативних емоційних станів, відбувається надлишкове накопичення вільних радикалів. Загальний стан клітин, які піддаються їхній ушкоджуючій дії, розглядається як окисдативний стрес, а самі вільні радикали ініціюють ланцюгове окислення структурних елементів клітини, зокрема ліпідів, білків мембран, ДНК, що викликає загибель клітини і провокує розвиток різноманітних, зокрема аутоімунних, хвороб.

За сучасними науковими даними, найбільш ефективним засобом боротьби з надлишком вільних радикалів є природні антиоксиданти, які завдяки своїй будові можуть бути донорами протонів або електронів, здатних нейтралізувати вільні радикали. Високу антиоксидантну активність виявляють сполуки фенольної природи — біофлавоноїди, які в досить значних концентраціях містяться в різних лікарських рослинах. Тому в наші дні широко застосовуються лікарські трави не лише в медицині, а й у харчових технологіях.

У статті здійснено оцінку ряду лікарських рослин на вміст загальної суми біофлавоноїдів, оскільки їх виражений профілактичний і лікувальний ефекти є результатом впливу всіх діючих речовин, та розроблено спосіб отримання сухих і згуцених концентратів як поліфункціональних збагачувачів харчових середовищ із переважającym вмістом біофлавоноїдів.

Ключові слова: фенольні сполуки, флавоноїди, лікарські рослини, екстрагування, концентрати, фармакологічна дія.

Постановка проблеми. Останнім часом значно підвищився інтерес до дослідження процесів вільнорадикального окислення (Меншиєва & Зеньков, 1994) і, як наслідок, до препаратів, здатних впливати на інтенсивність цих процесів. Це пов'язано з тим, що в умовах погіршення екологічної обстановки, під впливом різних екстремальних чинників в організмі спостерігається значне підвищення

концентрації активних форм кисню (АФК), таких як $O^{\cdot -}$, OH^{\cdot} , H_2O_2 тощо, здатних ушкоджувати молекули білків, нуклеїнових кислот, інактивувати ферменти, руйнувати мембрани клітин, що, у свою чергу, призводить до розвитку різних патологічних станів організму. Тому особливо гостро стоїть питання про можливість блокування цих вільнорадикальних процесів, ініціаторами яких є АФК, на початкових стадіях розвитку.

Відомі на сьогодні результати досліджень у цьому напрямі свідчать про перспективність вибору як антиоксидантів плодовоовочевих культур, лікарських рослин, зважаючи на їхню доведену здатність підтримувати захисні функції власної антиоксидантної системи організму людини (Бунятян, Герасимова & Сахарова, 1999), інгібувати всі етапи вільнорадикальних реакцій (Чекман, Маланчук & Рибачук, 2011), забезпечувати естрогенну та остеогенну активність (Шапошников & Хорошевський, 2003).

Лікарські рослини широко використовують в медицині, однак як антиоксиданти їх вивчено лише фрагментарно. Зважаючи на це, дослідження лікарських рослин як потенційних антиоксидантів, моделювання можливого механізму їхньої інгібуючої дії щодо певних стадій відновлення кисню в організмі викликають значний інтерес.

Не менш важливою є можливість застосування лікарських трав, дикорослих рослин, зеленої маси рослин для збагачення традиційних харчових продуктів і введення таким чином до щоденного раціону споживання нового покоління харчових продуктів з вираженими антиокисними властивостями.

Використання екстрактів з природних джерел біофлавоноїдів (як у харчовій, так і в фармацевтичній промисловості) надасть можливість забезпечити споживача харчовими продуктами та лікарськими засобами з оптимальним вмістом антиоксидантів, різної біологічної активності, тому проведене дослідження є актуальним, своєчасним, спрямованим на забезпечення захисту організму людини від несприятливих зовнішніх чинників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати аналізу літературних джерел і власних досліджень дають підстави стверджувати, що майбутнє цієї проблеми за природними антиоксидантами — біоантиоксидантами, тому що вони відіграють надзвичайно важливу роль у захисті біологічних структур від окислення.

Ця група антиокислювальних речовин є необхідним компонентом усіх тканин та клітин живих організмів, де вони в нормальних фізіологічних концентраціях підтримують на постійно низькому рівні вільнорадикальні аутоокислювальні процеси. Природно, що введення в організм людини разом із харчовими продуктами таких антиоксидантів є нешкідливим, безпечним і надзвичайно корисним (Toor & Savage, 2006; Ishiguro, Yahara & Yoshimoto, 2007; Сімахіна, 2011). Тому отримані за запропонованим способом екстракти планується використовувати для збагачення різноманітних харчових середовищ.

Одним з найважливіших класів антиоксидантів їжі є поліфенольні речовини Р-вітамінної активності. Наявність комплексів вітамінів антиоксидантної дії у багатьох рослинах, їхнього ефективного синергічного взаємозв'язку, інших БАР

поставила завдання використання рослин (як у харчовій, так і в фармацевтичній промисловості) як багатого джерела біоантиоксидантів, досить дешевого, доступного для вирощування та збирання, технологічного у переробленні на готові продукти.

На сьогодні завдяки розширенню та поглибленню досліджень біофлавоноїдів у них виявлено надзвичайно багато різнобічних біологічних властивостей. Зокрема, здатність регулювати окисно-відновні процеси в організмі (Левицкий, 2011), стабілізувати клітинні мембрани (Гордиенко, 2000), справляти лікувально-профілактичну дію при ряді захворювань (Voskresensky & Levitsky, 2002), затримувати розвиток атеросклеротичного процесу (Hässig, Liang, Schwabl & Stampfli, 1999), підвищувати резистентність живих організмів до іонізуючої радіації (Барабой & Сутковой, 1997), виявляти кардіопротекторну активність (Pehcneva, Kostova & Konstantinov, 1998) та багато інших позитивних впливів.

Використання концентратів з природних джерел біофлавоноїдів як у харчовій, так і в фармацевтичній промисловості надає можливість забезпечити споживача харчовими продуктами та лікарськими засобами з оптимальним вмістом антиоксидантів різної біологічної активності.

Мета дослідження: пошук нових рослинних джерел біофлавоноїдів та розроблення технологій їх вилучення із сировини з подальшим використанням для отримання широкого спектра харчових продуктів антиоксидантної дії.

Викладення основних результатів дослідження. Як предмети дослідження обрано такі рослинні матеріали: кропива дводомна, листя буряка звичайного, бутони гвоздичного дерева, материнка звичайна, меліса лікарська, м'ята перцева, перець, чебрець духмянний, шавлія лікарська, ягоди та листя бузини чорної, лист смородини чорної, трава звіробою, бруньки берези повислої, квітки ромашки, трава причепи, листя шавлії, трава кропиви собачої, кора дуба, квітки цмину, квітки нагідок, плоди шипшини.

Для отримання екстрактів лікарських трав використовували висушену сировину (листя та квітки) з вологістю 10—12%. Водно-спиртові екстракти отримували протитечійним екстрагуванням до вмісту сухих речовин 15—18%, залежно від виду сировини. Оптимальні значення основних параметрів процесу встановили при виконанні експериментальної частини.

Вміст біофлавоноїдів визначали за загальновідомою методикою з використанням реакції з хлоридом заліза (III) спектрофотометричним методом (Viña & Chaves, 2006).

У процесі дослідження було підтверджено літературні дані (Петрова, 1986), що вміст і склад поліфенольних сполук коливається в широких межах і залежить від виду і віку рослини, умов вирощування й вегетації. Тому представляє теоретичний та практичний інтерес з'ясувати, на яких етапах вегетації рослинних матеріалів переважають певні групи біофлавоноїдів.

На підставі аналізу спектрів поглинання водно-спиртових екстрактів плодів шипшини встановили, що вони характеризуються наявністю групи характерних ділянок поглинання в діапазоні довжин хвиль 200...800 нм. Досить інтенсивна смуга поглинання відзначається при довжинах хвиль: 250...270 нм та 340...360 нм.

За літературними даними, ці піки поглинання характерні саме для флавоноїдів. Їх наявність пов'язана зі збудженням електронних пар атома кисню карбонільної групи, зв'язаної з ароматичним кільцем. У видимій ділянці спектра з'являється характерний пік поглинання при 520...540 нм, що свідчить про наявність антоціанів. Результати визначення вмісту поліфенольних сполук на стадії зав'язі і стадії зрілих ягід шипшини наведено в таблиці.

Таблиця. Вміст різних груп поліфенольних сполук у ягодах шипшини за стадіями вегетації

Група поліфенольних сполук	Довжина хвилі поглинання λ_{\max} , нм	Концентрація поліфенольних сполук, мг/100 г
Стадія зав'язі		
Флавоноли	250...270; 340...360	1096,0±0,002
Катехіни	270...280	205,0±0,005
Антоціани	520...540	28,0±0,0009
Стадія зрілих ягід		
Флавоноли	250...270; 340...360	65,0±0,0002
Катехіни	270...280	394,0±0,004
Антоціани	520...540	548,0±0,05

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що на різних етапах вегетації вміст поліфенольних сполук у ягодах шипшини приблизно однаковий. Разом з тим співвідношення між різними групами флавоноїдів у процесі дозрівання ягід істотно змінюється.

Так, якщо на стадії зав'язі концентрація флавонолів складає 1096 мг%, то у зрілих ягодах їхня частка зменшується аж до 65 мг%. Практично таких же істотних змін зазнає друга група флавоноїдів — антоціани. Хоча залежність тут обернено пропорційна стосовно змін концентрації флавонолів. І якщо на стадії зав'язі вміст антоціанів складає всього 28 мг%, то у зрілих ягодах їхня кількість зростає більш ніж на 400 % і становить 548 мг%. Стосовно катехінів таких істотних змін не спостерігається і на стадії зав'язі у зрілих ягодах їхній вміст зростає не більше, ніж у 2 рази.

Аналогічні результати отримано і для інших видів рослинних матеріалів. З цих даних можна зробити узагальнюючий висновок, що при відносній постійності загального вмісту біофлавоноїдів у рослинних матеріалах на різних етапах вегетації відбуваються інтенсивні процеси біотрансформації одних груп поліфенольних сполук в інші. Тож можна стверджувати, що при дозріванні ягід шипшини значна кількість флавонолів використовується на синтез антоціанів.

На підставі проведених досліджень із перероблення рослинної лікарської сировини на готові продукти з підвищеним вмістом біофлавоноїдів запропоновано технологію отримання сухих і згущених концентратів як для безпосереднього вживання та як фізіологічно функціональних збагачувачів різноманітних

харчових середовищ для отримання широкого спектра нової продукції, ефективною у захисті внутрішнього середовища організму людини від надмірної кількості вільних радикалів.

Технологічний процес розпочинається із доставки, приймання та зберігання лікарської сировини. Причому до перероблення рекомендуються різні вегетативні органи рослин — листя, квіти, ягоди, коріння, оскільки всі вони містять у певних концентраціях біологічно активні речовини, в тому числі біофлавоноїди.

Підготовлену сировину подрібнюють у дезінтеграторі (можна у звичайних подрібнювачах) з метою отримання часток з розмірами 1,5...2 мм. За результатами попередньо проведених досліджень саме за такої дисперсності процесу екстрагування проходять найбільш інтенсивно. Подрібнення відбувається протягом 120...150 с при температурі 22...25°C.

З метою максимального вилучення біофлавоноїдів екстрагування проводиться у три етапи. На першому етапі як екстрагент використовуємо однопроцентний водний розчин лимонної кислоти при гідромодулі 1:10. Екстрагування триває 4 год при температурі 22...25°C.

Отриманий I екстракт відфільтровують і збирають в окрему ємність для наступного купажування, а шрот піддають екстрагуванню на другому етапі. Цього разу як екстрагент використовуємо 20...25-процентний водно-спиртовий розчин при гідромодулі 1:10. Тривалість екстрагування на другому етапі збільшується до 5 год, а температура залишається кімнатною — 22...25°C.

Після фільтрування отримуємо II екстракт, який направляється в ємність для купажування, а шрот піддаємо екстрагуванню на третьому етапі 60...70-процентним водно-спиртовим розчином при гідромодулі 1:10. Тривалість процесу екстрагування — 7 год, температура 22...25°C.

Відфільтрований III екстракт разом із двома попередніми купажуємо й отримуємо суміш екстрактів із вмістом сухих речовин 12,5...16,7%. Такий екстракт можна використовувати безпосередньо, проте з метою його подальшого зберігання без погіршення якості доцільним є вакуум-концентрування й отримання згущеного концентрату біофлавоноїдів із вмістом сухих речовин 55...65%.

Для підвищення ступеня засвоюваності організмом людини біокомпонентів сухого шроту його подрібнюють у дезінтеграторі, що дає змогу отримати необхідну дисперсність продукту (80...10 мкм) та збільшити вихід біологічно активних речовин у вільному стані, що й сприяє їх біодоступності.

Отриманий сухий концентрат суміші біофлавоноїдів та інших біологічно активних речовин контролюємо за вмістом основних біокомпонентів і критеріями безпеки.

На наступному етапі концентрат гранулюємо або капсулюємо з подальшим пакуванням і маркуванням. Далі концентрат відправляють на зберігання та реалізацію.

Запропонована технологія відкриває перспективи комплексного перероблення рослинної сировини на напівфабрикати з високою концентрацією есенціальних сполук. Технологія практично безвідходна, не потребує спеціального обладнання. Її можна реалізувати як на харчових підприємствах (наприклад, консервних), так і на фармацевтичних.



Рис. Принципова технологічна схема отримання сухих і згущених концентратів біофлавоноїдів з лікарської сировини

Висновки

Лікарська сировина є багатим природним джерелом комплексу есенціальних сполук, передусім біофлавоноїдів, які значною мірою визначають стан здоров'я людини, її здатність швидко адаптуватись до змін навколишнього середовища, підтримувати інтелектуальну та фізичну працездатність. Використання лікарської сировини у різні вегетативні періоди її розвитку надає можливість, залежно від кінцевої мети, отримати в максимальних концентраціях різні групи поліфенольних сполук — флавоноли, антоціани, катехіни. Запропоновано технологію комплексного перероблення лікарської сировини на сухі та згущені концентрати біофлавоноїдів. Отримана за новою технологією продукція є конкурентоспроможною, оскільки вона відповідає сучасним критеріям якості та безпеки, і це є важливим чинником членства України у Світовій організації торгівлі. Попит на таку продукцію постійно зростатиме, зважаючи на погіршення екологічної ситуації як в Україні, так і за кордоном. Запропонована технологія дає змогу при мікровиратах досягти макрокористі для споживачів.

Література

- Барабой В. А. & Сутковой Д. А. (1997) Окислительно-антиоксидантный гомеостаз в норме и патологии. Киев: Чернобыльинтеринформ.
- Бунятян Н. Д., Герасимова О. А., Сахарова Т. С. Природные антиоксиданты как гепатопротекторы. *Экспериментальная и клиническая фармакология*, 62(2), 64—67.
- Гордиенко А. Д. (2000) Влияние растительных гепатопротекторных субстанций на мембранно-метаболическую активность органелл клеток печени. *Журнал АМН України*, 3, 587—592.
- Левицкий А. П. (2001) Биофлавоноиды как регуляторы физиологических функций. *Вісник стоматології*, 1, 71—76.
- Меншиева Е. Б. & Зеньков Н. К. (1994) Биохимия окислительного стресса (оксиданты и антиоксиданты). Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та.
- Петрова В. П. (1986) Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений: монография. Киев: Вища школа.
- Сімахіна Г. О. (2011) Біофлавоноїди у системі антиоксидантного захисту біологічних структур. *Наукові праці НУХТ*, 37—38, 103—109.
- Чекман І. С., Маланчук В. О. & Рибачук А. В. (2011) Основи наномедицини: монографія. Київ: Логос.
- Шапошников А. А., Хорошевский А. Ю. (2003) Изофлавоноиды растений семейства бобовых и их биологическое действие. *Кн. соврем. биологии*, 123(2), 76—81.
- Hässig A., Liang W. X., Schwabl H., Stampfli K. (1999) Flavonoids and tannins: plant-based antioxidants with vitamin character. *Med. Hypotheses*, 52(5), 479—481.
- Ishiguro K., Yahara S., Yoshimoto M. (2007) Changes in polyphenolic content and radical-scavenging activity of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) during storage at optimal and low temperatures. *J. Agr. and Food Chem*, 55 (26), 10773—10778.
- Pehcneva I., Kostova I., Konstantinov S. (1998) Cardioprotective efficacy of new esculin metal complexes. *Acta pharmaceutica*, 48(2), 127—131.
- Toor R. K., Savage G. P. (2006) Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chem*, 99(4), 724—727.
- Viña S. Z., Chaves A. R. (2006) Antioxidant response in minimally processed celery during refrigerated storage. *Food Chem*, 94(1), 68—74.
- Voskresensky O. N., Levitsky A. P. (2002) QSAR aspects of flavonoids as a plentiful source of new drugs. *Current Medical Chemistry*, 9(14), 1367—1383.

DEVELOPMENT OF THE COMPONENT COMPOSITION OF APPLE-CHERRY JUICE WITH EVALUATION OF QUALITY AND SAFETY INDICATORS

N. Popova, T. Mysiura, V. Liapkalo
National University of Food Technologies

Key words:

Component composition
Apple juice
Cherry juice
Apple-cherry juice
Optimization
Quality indicators

Article history:

Received 03.03.2021
Received in revised form
19.03.2021
Accepted 02.04.2021

Corresponding author:

T. Mysiura
E-mail:
tarasmisyura@gmail.com

ABSTRACT

The fast rhythm of life, constant stress, poor ecology require saturation of the human body with vitamins and trace elements. In such conditions, it is best to drink juices or soft drinks that contain juices. They provide human body with all physiologically active substances. Fruit juices in the drinks contribute to the formation of the original taste and increase their nutritional value. Carbohydrates (monosaccharides, pectin substances) contained in juices together with micro- and macroelements, tannins, organic acids, have a positive effect on the human body, strengthening the protective forces and enriching its energy reserve. The optimal combination of juices in beverages enhances their nutritional value due to the variety of physiologically significant substances.

In the article, using a D-optimal plan, a prescription composition of apple-cherry juice was developed in order to improve the vitamin composition and a description of its quality and safety indicators was given.

The first stage of work was the development and research of the recipe for apple-cherry juice. For this purpose the profilogram of organoleptic indicators of experimental samples of drink was constructed and the complex indicator of quality was calculated. To evaluate organoleptic parameters of the quality of prescription compositions of apple-cherry juice, the method of scoring was used.

The second stage was to find the best ratio of apple and cherry juices, which provided the optimal values of the complex quality indicator of the final product and increased its biological value. Optimization of the preparation of samples of apple-cherry juice was carried out under the condition of obtaining a mathematical model that described the patterns of the technological process.

The next stage of work was the production of a test sample of the product with the subsequent determination of organoleptic, physicochemical parameters and safety indicators in accordance with the requirements of current regulations.

РОЗРОБЛЕННЯ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ЯБЛУЧНО-ВИШНЕВОГО СОКУ З ОЦІНКОЮ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ

Н. В. Попова, Т. Г. Мисюра, В. С. Ляпкало

Національний університет харчових технологій

Швидкий ритм життя, постійні стреси, погана екологія вимагають насичення організму людини вітамінами та мікроелементами, тому варто вживати соки або безалкогольні напої, що забезпечують організм людини всіма фізіологічно активними речовинами. Плодові соки у складі напоїв сприяють формуванню оригінального смаку і підвищенню харчової цінності. Вуглеводи (моносахариди, пектинові речовини), які містяться в соках, спільно з мікро- та макроелементами, дубильними речовинами, органічними кислотами позитивно впливають на організм людини, зміцнюючи захисні сили і збагачуючи його енергетичний запас. Оптимальне поєднання соків у складі напоїв підсилює їхню харчову цінність завдяки різноманіттю фізіологічно значущих речовин.

У статті з використанням D-оптимального плану розроблено рецептурну композицію соку яблучно-вишневого з метою покращення вітамінного складу і охарактеризовано показники її якості та безпечності. Для цього побудовано профілограму органолептичних показників дослідних зразків напою та розраховано комплексний показник якості. При органолептичній оцінці якості рецептурних композицій яблучно-вишневого соку використано метод балової оцінки.

Знайдено найкраще співвідношення яблучного і вишневого соків, що забезпечило оптимальні значення комплексного показника якості кінцевого продукту та підвищило його біологічну цінність. Оптимізація приготування зразків яблучно-вишневого соку здійснювалась за умови отримання математичної моделі, яка описує закономірності технологічного процесу.

Виготовлено пробний зразок продукту з подальшим визначенням органолептичних, фізико-хімічних показників і показників безпечності відповідно до вимог чинної нормативної документації.

Ключові слова: компонентний склад, сік яблучний, сік вишневий, сік яблучно-вишневий, оптимізація, показники якості.

Постановка проблеми. Фруктові соки — це товари досить широкого вжитку, що є різноманітними за своєю рецептурою та способами виробництва, включають велику кількість видів і різновидів.

До фруктових соків відносять напої, приготовлені на основі продуктів переробки фруктової сировини — соки, нектари, соки-напої. Вони бувають негазованими і газованими (Євтушевська & Бабуріна, 2010; Петрович, 2015).

В Україні виробляють такі види соків: натуральні; соки з цукром; соки з м'якоттю; концентровані; сухі; нектари; соковмісні напої; купажовані; для дитячого харчування; цитрусові; соки, консервовані спиртом, сірчистим ангідридом чи бензойноокислим натрієм (у торгівлю не надходять, використовуються для промислової переробки).

Соки є широкоживаним товаром, тому їх реалізує більшість торговельних підприємств, які намагаються полонити споживача, використовуючи різноманітну рецептуру, оновлену технологію, новітнє обладнання, а також висококваліфікованих спеціалістів. Проте не кожен товар є однаково якісним і відповідає вимогам сучасного споживача.

Змішування соків із різних сортів і плодів — це процес, продиктований не стільки бажанням отримати цікаві смакові гами, скільки бажанням виробляти продукт, який поєднує цінні споживні властивості різної сировини, збільшує біологічну та харчову цінність соків, підвищує конкурентоспроможність вітчизняної сокової продукції. Тому проблема виробництва справді якісних фруктових напоїв, одним із шляхів вирішення якої є створення рецептурних композицій плодово-ягідних соків, була, є і залишатиметься завжди *актуальною*.

Виробники безалкогольних напоїв також намагаються підтримувати тенденцію здорового харчування, випускаючи на ринок вітамінізовані напої та напої на натуральній основі. За останні 5 років випуск напоїв зі штучними ароматизаторами та барвниками скоротився на 15%.

Найпопулярнішими на ринку безалкогольних напоїв є соки, газовані безалкогольні напої на пряно-ароматичних основах та мінеральні води. Попит на деякі безалкогольні напої залежить також від сезону.

Висока харчова і біологічна цінність соків обумовлена вмістом у них вуглеводів, органічних кислот, вітамінів, мінеральних речовин, амінокислот та інших сполук. На ринку України поширені соки як на основі одного виду фруктів чи овочів, так і змішані або купажовані (Волошин, Бойчук & Волошина, 2014; Козярин, 2003).

Деякі натуральні фруктові й овочеві соки не можна споживати у вигляді напоїв. Головний недолік багатьох соків — висока кислотність і підвищена солодкість. Ці недоліки легко ліквідуються змішуванням соків з різними вмістом кислот або цукрів.

Довгий час вважалося, що соки за харчовою цінністю перевершують свіжі фрукти, оскільки малоїстівні і неїстівні частини плодово-ягідної сировини залишаються у відходах сокового виробництва.

Для поліпшення споживних властивостей соків науковці і технологи багатьох країн світу удосконалюють технологію їх виготовлення з використанням сучасного обладнання і новітніх технологій (Тележенко & Безусов, 2004).

Мета дослідження: дослідити вітамінний склад рецептурних композицій, оцінити органолептичні показники, розрахувати оптимальну кількість рецептурних компонентів соку яблучно-вишневого та визначити його показники безпечності.

Матеріали і методи. Сік яблучно-вишневий сік виготовляється відповідно до вимог ДСТУ 4150:2003 «Соки, напої сокові, нектари плодово-ягідні, овочеві та з баштанних культур» згідно з рецептурами й технологічними інструкціями, затвердженими в установленому порядку з дотриманням санітарних норм і правил (Побережець, Побережець & Романовський, 2005). За органолептичними показниками соки повинні відповідати вимогам, зазначеним у табл. 1.

FOOD TECHNOLOGIES

Таблиця 1. Органолептичні показники безалкогольного напою

№ п/п	Показник якості або безпечності, який визначається	Посилання на нормативний документ	Прилади, матеріали, хімреактиви	Опис методики
1	2	3	4	5
1	Смак	ДСТУ 4150:2003 «Соки, напої сокові, нектари плодово-ягідні, овочеві та з баштанних культур» [Чинний від 01.01.2004]	За допомогою органів чуття	Сік дегустують заради виявлення його смаку
2	Аромат		За допомогою органів чуття	Визначають аромат соку купажного та наявність сторонніх домішок
3	Колір і прозорість		За допомогою органів чуття	Візуально визначають колір соку, наявність осаду тощо. Дослідження проводять у добре освітленій кімнаті
4	Титрована кислотність, к. од	ДСТУ EN 12147:2003 «Соки фруктові та овочеві. Метод визначення титрованої кислотності» [Чинний від 01.07.2004]	Бюретки, піпетки, склянки, розчин NaOH з концентрацією 0,1 моль/дм ³ , 1% розчин фонелфталейну	За температури 20°C 25 мл зразка для аналізу переносять у склянку за допомогою піпетки. Вводять у роботу мішалку (струйувач) і титрують за допомогою бюретки розчином гідроксиду натрію, поки не буде досягнуто pH 8,1
5	Вміст сухих речовин, %	ДСТУ 8402:2015 «Продукти перероблення фруктів та овочів. Рефрактометричний метод визначення вмісту розчинних сухих речовин» [Чинний від 01.07.2017]	Рефрактометр, термометр ртутний, ваги лабораторні центрифуга, воронка	Випробування повинні проводитися при температурі 15...25°C при використанні шкали, градуйованої в одиницях показника заломлення
6	Масова частка мінеральних домішок, %	ДСТУ 4913:2008 «Фрукти, овочі та продукти перероблення. Метод визначення мінеральних домішок» [Чинний від 01.01.2009]	Ваги, лійки скляні, шафа сушильна, електропіч, ексикатор, трубки, скло годинникове, тиглі, паличку	Знезелений фільтр з осадом поміщують у фарфоровий тигель, висушують у сушильній шафі за температури 525°C
7	Сторонні домішки (крім домішок рослинного походження та мінеральних)	Візуально	Візуально	Візуально

1	2	3	4	5
8	Визначення вмісту важких металів (Pb ²⁺ , Cd ²⁺)	ДСТУ ISO 6633-2001 «Фрукти, овочі та продукти перероблення. Визначення вмісту свинцю. Спектрометричний метод безполуменевої атомної абсорбції» [Чинний від 01.07.2003], ДСТУ ISO 6561:2004 «Фрукти, овочі та продукти перероблення. Визначення вмісту кадмію. Спектрометричний метод безполуменевої атомної абсорбції» [Чинний від 01.07.2005]	Спектрофотометр, графітова піч	Атомно-адсорбційний аналіз, що ґрунтується на здатності атомів вибірково поглинати електромагнітне випромінювання в різних ділянках спектра
9	Визначення вмісту важких металів (Hg ²⁺)	ДСТУ ISO 6637-2001 «Фрукти, овочі та продукти перероблення. Визначення вмісту ртуті. Спектрометричний метод безполуменевої атомної абсорбції» [Чинний від 01.07.2003]	Спектрофотометр, абсорбційна трубка, азотна кислота, сірчана кислота, хлорид олова (II)	Атомно-адсорбційний аналіз, що ґрунтується на здатності атомів вибірково поглинати електромагнітне випромінювання в різних ділянках спектра
10	Визначення вмісту важких металів (Cu ²⁺ , Zn ²⁺)	ДСТУ ISO 7952:2005 «Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Визначення вмісту міді спектрометричним методом полуменевої атомної абсорбції» [Чинний від 01.05.2006], ДСТУ ISO 6636-2:2004 «Фрукти, овочі та продукти перероблення. Визначення вмісту цинку. Частина 2. Спектрометричний метод атомної абсорбції» [Чинний від 01.05.2006]	Спектрофотометр, автоматичний розпилювач, атомізатор	Атомно-адсорбційний аналіз, що ґрунтується на здатності атомів вибірково поглинати електромагнітне випромінювання в різних ділянках спектра

1	2	3	4	5
11	Визначення вмісту важких металів (As ³⁺)	ДСТУ ISO 6634:2004 «Фрукти, овочі та продукти перероблення. Визначення вмісту миш'яку спектрометричним методом із застосуванням діетилдитіокарбамату срібла» [Чинний від 01.05.2006]	Спектрофотометр, атомізатор, діетилдитіокарбамат срібла	Атомно-адсорбційний аналіз, що ґрунтується на здатності атомів вибірково поглинати електромагнітне випромінювання в різних ділянках спектра
12	Визначення наявності і кількості осмотолерантних дріжджів і цвілевих грибів	ДСТУ 8447:2015 «Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів» [Чинний від 01.07.2017]	Ваги лабораторні, мікроскоп світловий біологічний, скло предметне, скло покривне, термостат, чашки Петрі, металевий-синій, цукор-рафінад, живильне середовище	Висівають певну кількість продукту в селективне живильне середовище (співвідношення кількості продукту, що висівається, і живильного середовища 1:9), культивують посіви в оптимальних умовах, підраховують кількості осмотолерантних дріжджів і цвілевих грибів
13	Визначення наявності і кількості МАФАНМ	ДСТУ 8446:2015 «Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів» [Чинний від 01.07.2017]	Ваги лабораторні, мікроскоп світловий біологічний, скло предметне, лупа, петля бактеріологічна, скло покривне, термостат, чашки Петрі, агаризоване середовище	Висівають продукт у живильне середовище, здійснюють інкубування посівів за t° (30±1)°C протягом (72±3) год, підраховують усі вирослі видимі колонії
14	Визначення бактерій групи кишкової палички (БГКП)	ISO 4831:2005 «Мікробиологія пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод обнаружения и подсчета колиформных бактерий» [Чинний від 01.08.2006]	Ваги лабораторні, мікроскоп світловий біологічний, скло предметне, петля бактеріологічна, термостат, чашки Петрі, діамантовий зелений, геніанвіолет: жовч яловича суха або натуральна; метиловий фіолетовий; феноловий червоний, живильне середовище	Висівають певну кількість продукту на рідке селективно-діагностичне середовище, проведення інкубування посівів за t 30°C, підраховують типові колонії, здійснення підтвердження, при необхідності, за біохімічними ознаками належності виділених колоній до колиформних бактерій

При органолептичній оцінці якості рецептурних композицій яблучно-вишневого соку використано метод балової оцінки.

Метод балової оцінки органолептичних показників харчових продуктів належить до тих, що використовується для показників, що не вимірюються і значення яких не можна виразити у фізичних розмірних шкалах. Характеристику смаку, запаху, консистенції та інших сенсорних ознак дають за допомогою якісних описів. Щоб перевести якість у кількість, при експертній оцінці використовують безрозмірні шкали, зазвичай у балах. Балова шкала є впорядкованою сукупністю чисел і якісних характеристик, що відповідають об'єктам, які оцінюються згідно з ознакою, що визначається. Балова шкала слугує для надання об'єктам кількісної оцінки, яка є мірою виразу якісного рівня ознаки.

Шкала характеризується діапазоном значень, під яким розуміють кількість рівнів якості, включених у шкалу. Для сенсорного аналізу найчастіше використовують інтервальні шкали.

Інтервальні балові шкали розрізняються за кількістю балів, що використовуються для оцінки продукту, діапазону якості досліджуваного об'єкта, способу присвоєння балів, словесної характеристики кожного рівня якості, відповідної певній кількості балів, способу загальної оцінки продукту, наявності або відсутності коефіцієнтів значущості окремих органолептичних ознак.

При розробці балових шкал їх градацію визначають залежно від характеру поставленого завдання, рівня підготовки експертів, необхідної точності результатів і можливості словесного опису характеристики якісних рівнів. Для експертної оцінки якості продукції рекомендується використовувати шкали з непарною кількістю рівнів якості. У дослідженні застосовано балові шкали, що мають п'ять градацій якості, які можуть збігатися або не збігатися з кількістю балів.

Результати і обговорення. Перший етап передбачає розробку та дослідження рецептури соку яблучно-вишневого з повним аналізом впливу складових на організм людини і відповідності допустимим нормам.

Наступний етап — це виготовлення пробного зразка продукту з подальшим визначенням органолептичних і фізико-хімічних показників.

Перелік інгредієнтів, які використовували для створення продукту, та основні нормативні документи, що регламентують показники якості, наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Перелік інгредієнтів

Інгредієнт	Нормативний документ
Яблука	ДСТУ 8133:2015 «Яблука свіжі середніх та пізніх термінів достигання. Технічні умови»
Вишня	ДСТУ 8325:2015 «Вишня свіжа. Технічні умови»
Цукор білий	ДСТУ 4623:2006 «Цукор білий. Технічні умови»

З метою отримання соку яблучно-вишневого з мінімальним вмістом цукру та оптимальної якості визначали раціональне дозування вхідних керуючих факторів — цукрового сиропу, вишневого соку й температури стерилізації соку методом математичного моделювання процесу виробництва соку. Зміна кількостей

цукрового сиропу та вишневого соку, температури стерилізації впливає на органолептичні властивості соку, перебіг мікробіологічних і біохімічних процесів, вміст вітамінів у соку.

Згідно з технологічними рекомендаціями щодо виробництва яблучно-вишневого соку, кількості 9% цукрового сиропу (x_1) було вибрано від 40 до 60 см³, кількості вишневого соку (x_2) від 10 до 50 см³, температура стерилізації (x_3) від 100 до 112°C (табл. 3). Під час математичного моделювання прийняли, що кількість яблучного соку залишалась однаковою і дорівнювала 100 см³.

Таблиця 3. Рівні факторів дослідження та інтервали їх варіювання

	Кількість цукрового сиропу, см ³	Кількість вишневого соку, см ³	Температура стерилізації, °C
Код	x_1	x_2	x_3
Основний рівень (кодоване значення 0)	50	30	106
Інтервал варіювання	10	20	6
Нижній рівень (кодоване значення -1)	40	10	100
Верхній рівень (кодоване значення +1)	60	50	112

Оптимізація приготування яблучно-вишневого соку можлива за умови отримання математичної моделі, яка описує закономірності технологічного процесу. Для встановлення оптимального дозування сировини й технологічних параметрів приготування соку багатофакторний експеримент ставився за *D*-оптимальним планом, який включав приготування 10 зразків соку зі змінними керуючими факторами (табл. 4).

Таблиця 4. Матриця експерименту за послідовно генерованим D-оптимальним планом

№ експерименту	Рівні факторів у виразі					
	x_1 — кількість цукрового сиропу		x_2 — кількість вишневого соку		x_3 — температура стерилізації	
	кодованому	натуральному	кодованому	натуральному	кодованому	натуральному
1	-1	40	+1	50	0	106
2	+1	60	-1	10	+1	112
3	-1	40	0	30	-1	100
4	+1	60	-1	10	-1	100
5	+1	60	+1	50	+1	112
6	0	50	+1	50	+1	112
7	0	50	-1	10	+1	112
8	0	50	0	30	0	106
9	-1	40	-1	10	0	106
10	+1	60	0	30	-1	100

Як критерії оптимізації вибрали показники, що характеризують якість соку: вміст вітамінів С, РР, В₂. При виробництві яблучно-вишневого соку, крім основної сировини — яблучного соку, для збагачення вітамінами та покращення смакових якостей можна замінити вишневий сік на вишневий сік із м'якоттю, вітамінний склад яких подано в табл. 5 (Скурихин & Волгарева, 1987). Вибір оптимальної кількості рецептурних компонентів здійснюється з урахуванням наявності сировини з метою досягнення максимального прибутку підприємства. Прибуток залежить від собівартості, тому враховуємо дані собівартості різних видів сировини (табл. 5).

Таблиця 5. Вміст вітамінів у соках за довідником хімічного складу харчових продуктів

Сировина	Кількість вітамінів в 1 кг продукту, мг			Добова потреба, мг
	у яблучному соку, x_1	у вишневому соку, x_2	у вишневому соку з м'якоттю, x_3	
Вітамін С	10	15	50	70
Вітамін РР	1	2	2	19
Вітамін В ₂	0,1	0,2	0,3	2
Собівартість, грн/кг	24	56	65	

Співвідношення компонентів яблучно-вишневого соку повинно бути таким, щоб він задовольняв добову потребу вмісту вітамінів у продукті.

Математичну модель для цієї задачі можна записати у вигляді нерівностей:

$$\begin{cases} 10x_1 + 15x_2 + 50x_3 \geq 70; \\ 1x_1 + 2x_2 + 2x_3 \geq 19; \\ 0,1x_1 + 0,2x_2 + 0,3x_3 \geq 2. \end{cases}$$

За цільову функцію можна прийняти мінімальну собівартість при виробництві продукції:

$$F(x) = 24x_1 + 56x_2 + 65x_3 \rightarrow \min .$$

Поставлена задача розв'язується за допомогою симплекс-методу:

$$x = (17; 0; 1), \text{ або } x_1 = 17, x_2 = 0, x_3 = 1$$

$$F(x) = 24 \cdot 17 + 56 \cdot 0 + 65 \cdot 1 = 473.$$

Для покращення вітамінного складу яблучного соку оптимальним є введення в рецептуру вишневого соку з м'якоттю у співвідношенні 17:1.

Якість продукції є ключовою проблемою всіх галузей харчової промисловості. Органолептичний аналіз дає змогу швидко і просто оцінити якість, виявити відхилення від технології виробництва, що, у свою чергу, надає можливість оперативно вживати заходів щодо усунення недоліків. Об'єктом дослідження є яблучно-вишневий сік.

За матрицею експерименту (табл. 4) було виготовлено зразки напою, органолептична оцінка яких наведена в табл. 6, профілограма наведена на рис. 1.

FOOD TECHNOLOGIES

Таблиця 6. Балова шкала органолептичних показників

Зразок	Опис показника	Кількість балів
1	2	3
Зовнішній вигляди консистенція (максимально 5)		
Зразок 1	Прозора рідина. Значна опалесценція	4
Зразок 2	Прозора рідина. Значна опалесценція.	4
Зразок 3	Прозора рідина. Значна опалесценція	4
Зразок 4	Прозора рідина. Незначна опалесценція	5
Зразок 5	Прозора рідина. Значна опалесценція	4
Зразок 6	Прозора рідина. Значна опалесценція	4
Зразок 7	Прозора рідина. Незначна опалесценція	5
Зразок 8	Прозора рідина. Значна опалесценція	4
Зразок 9	Прозора рідина. Незначна опалесценція	5
Зразок 10	Прозора рідина. Значна опалесценція	4
Смак і аромат (максимально 5)		
Зразок 1	Занадто кислий, відчутний смак вишні, не відчувається смак яблучного соку	2
Зразок 2	Густий, солодкий, з помірним яблучним ароматом, без сторонніх присмаків і запахів	4
Зразок 3	Густий, солодкий, з помірним яблучним ароматом, без сторонніх присмаків і запахів	4
Зразок 4	Натуральний, властивий яблучному соку, без сторонніх присмаків і запахів	5
Зразок 5	Виражений запах яблук і вишні, кислуватий смак	3
Зразок 6	Занадто кислий, відчутний смак вишні, не відчувається смак яблучного соку	2
Зразок 7	Густий, солодкий, з помірним яблучним ароматом, без сторонніх присмаків і запахів	4
Зразок 8	Виражений запах яблук і вишні, кислуватий смак	3
Зразок 9	Густий, солодкий, з помірним яблучним ароматом, без сторонніх присмаків і запахів	4
Зразок 10	Виражений запах яблук і вишні, кислуватий смак	3
Колір (максимально 5)		
Зразок 1	Однорідний за своєю масою, переважає забарвлення вишневого соку	3
Зразок 2	Поява темних відтінків жовтого кольору яблучного соку	4
Зразок 3	Однорідний за своєю масою, переважає забарвлення вишневого соку	3
Зразок 4	Інтенсивно жовтого кольору, притаманного яблучному соку	5
Зразок 5	Однорідний за своєю масою, переважає забарвлення вишневого соку	3
Зразок 6	Властивий кольору вишневого соку з незначним знебарвленням	2
Зразок 7	Інтенсивно жовтого кольору, притаманного яблучному соку	5
Зразок 8	Поява темних відтінків жовтого кольору яблучного соку	4
Зразок 9	Поява темних відтінків жовтого кольору яблучного соку	4
Зразок 10	Властивий кольору вишневого соку з незначним знебарвленням	2

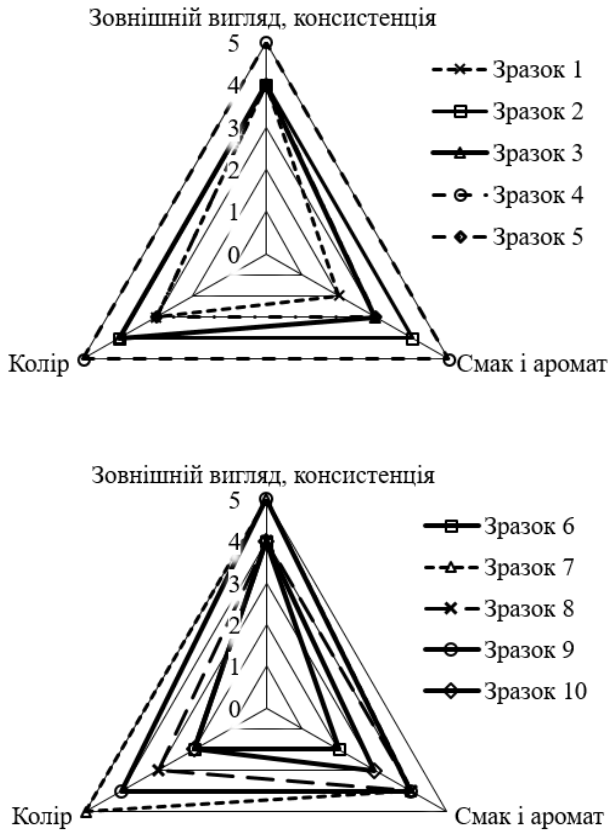


Рис. 1. Профілограма органолептичних показників дослідних зразків яблучно-вишневого соку

Визначення коефіцієнтів вагомості органолептичних показників відбувалось експертним методом Делфі. З огляду на дані з табл. 7 розрахуємо коефіцієнт вагомості, який допоможе визначити комплексний показник якості продукції.

Таблиця 7. Розрахунок коефіцієнтів вагомості

№ експерта	Коефіцієнт вагомості M_i показника властивостей			
	M_1	M_2	M_3	ΣM_i
1-й експерт	0,2	0,6	0,2	1,0
2-й експерт	0,4	0,4	0,2	1,0
3-й експерт	0,4	0,5	0,1	1,0
4-й експерт	0,2	0,6	0,2	1,0
5-й експерт	0,3	0,4	0,3	1,0
Середнє значення	0,3	0,5	0,2	1,0

Комплексний показник якості продукції — показник, що відноситься до кількох її властивостей. Показник якості продукції — кількісна характеристика однієї або кількох властивостей продукції, які визначають її якість і розглядаються стосовно певних умов її створення і споживання.

Розрахунок комплексного показника якості проводився за формулою:

$$K = M_1 \frac{P_1}{P_1^{\delta}} + M_2 \frac{P_2}{P_2^{\delta}} + M_3 \frac{P_3}{P_3^{\delta}},$$

де M_1 — коефіцієнт вагомості показника, що характеризує зовнішній вигляд; M_2 — коефіцієнт вагомості показника, що характеризує смак і аромат; M_3 — коефіцієнт вагомості показника, що характеризує колір; P_1^{δ} , P_2^{δ} , P_3^{δ} — балова оцінка базових органолептичних показників; P_1 , P_2 , P_3 — балова оцінка одиничних органолептичних показників для всіх рецептурних композицій.

Результати розрахунків наведено в табл. 8.

Таблиця 8. Значення комплексного показника якості продукції

Номер зразка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Комплексний показник якості	0,56	0,8	0,76	1,0	0,66	0,52	0,9	0,7	0,86	0,62

Примітка: оцінка «відмінно» — зразки 4, 7; оцінка «добре» — зразок 2, 3, 9; оцінка «задовільно» — зразки 1, 5, 6, 8, 10.

Співвідношення яблучний сік:вишневий сік:цукровий сироп у рецептурних композиціях становить: зразок 4 — 100:10:60 (температура стерилізації 100°C); зразок 7 — 100:10:50 (температура стерилізації 112°C).

Загалом для виготовлення яблучного соку найбільш придатні сорти яблук з помірною кислотністю (2,0...3,5%), яка зростає при додаванні вишневого соку, кислотність якого становить 5,0...5,5%. Враховуючи кислотність яблучно-вишневого соку для забезпечення мінімальної стерильності і збереження вмісту вітамінів вибираємо зразок із меншою температурою стерилізації — зразок 4.

Розрахунок кількості сировини на 1 л продукції наведено в табл. 9.

Таблиця 9. Розрахунок кількості сировини на 1 л продукції

Зразок	Кількість яблучного соку, см ³	Кількість вишневого соку, см ³	Кількість цукрового сиропу, см ³
№ 4	588,2	58,8	353

З метою покращення вітамінного складу яблучно-вишневого соку оптимальним є введення в рецептуру вишневого соку з м'якоттю у співвідношенні з яблучним соком 1:17, перерахунок наведений в табл. 10.

Таблиця 10. Рецептuru яблучно-вишневого соку з розрахунку на 1 л продукції

Кількість яблучного соку, см ³	Кількість вишневого соку з м'якоттю, см ³	Кількість цукрового сиропу, см ³
588,2	34,6	377,2

При контролі безпечності фруктових соків особливу увагу слід приділяти вмісту важких металів, адже вони мають властивість накопичуватися в організмі людини. Оскільки нормативні значення ГДК виступають основним критерієм гігієнічної оцінки небезпечності забруднення, то результати дослідження вмісту важких металів дають змогу оцінити екологічну безпеку яблучно-вишневого соку (табл. 11).

Таблиця 11. Результати дослідження вмісту важких металів

№	Назва соку	Pb ²⁺	Cd ²⁺	As ³⁺	Hg ²⁺	Cd ²⁺	Zn ²⁺
	ГДК мг\кг, не більше	0,30	0,03	0,20	0,02	5,0	10,0
1	Яблучний сік	0,14±0,06	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	0,41±0,02	3,4±0,2
2	Вишневий сік з м'якоттю	0,01±0,01	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	1,38±0,02	2,4±0,1

Проведено мікробіологічний аналіз яблучно-вишневого соку (табл. 12). Фруктові соки містять поживні речовини, які сприяють росту кислото-толерантних бактерій, дріжджів і плісені. Доведена вагома роль бактерій щодо погіршення якості та споживчих характеристик стерилізованих соків. Мікробіологічний метод виявлення бактерій регламентований міждержавним стандартом, а також включений до стандартного протоколу мікробіологічного контролю фруктових соків в Україні.

Таблиця 12. Результати мікробіологічного аналізу проб соків

№	Назва соку	Загальне бактеріальне обсіменіння, в 1 см ³	Плісені, дріжджі, в 1 см ³	МАФАНМ, в 1 г	БГКП (поліформи), в 1 г	Патогенні ентеробактерії, в 1 дм ³
	ГДК, КУО	1,0×10 ⁴	5,0×10 ³	1,00×10 ³	Відсутність	
1	Яблучний сік	0,1×10 ⁴	3,8×10 ³	0,10×10 ³	Не виявлено	Не виявлено
2	Вишневий сік з м'якоттю	0,2×10 ⁴	2,1×10 ³	0,21×10 ³	Не виявлено	Не виявлено

Аналізуючи дані табл. 3—12, не важко помітити, що всі досліджувані зразки соків відповідають вимогам. Можемо відмітити, що бактерії групи кишкової палички і патогенні ентеробактерії зовсім не допускаються у соках, що й спостерігається у досліджуваних зразках соків. При мікробіологічному аналізі всі показники відповідають нормі, тільки плісень і дріжджі наближаються до норми, але не критично.

Висновки

1. З використанням *D*-оптимального плану розроблено рецептуру яблучно-вишневого соку.

2. Побудовано профілограму органолептичних показників дослідних зразків яблучно-вишневого соку.

3. Розраховано комплексний показник якості соку з різними співвідношеннями соку яблучного і вишневого з м'якоттю.

4. Для підвищення харчової цінності яблучного соку оптимізовано рецептурну композицію за вітамінним складом. Оптимальне співвідношення яблучного соку і вишневого соку з м'якоттю повинно становити 17:1.

5. Виготовлено пробний зразок напою з подальшим визначенням органолептичних і фізико-хімічних показників відповідно до вимог чинної нормативної документації. Встановлено, що досліджуваний сік має відмінну якість і безпечний для споживання.

6. Наступний етап дослідження передбачає опрацювання технології виробництва соку на підприємстві.

Література

Волошин О. І., Бойчук Т. М., Волошина Л. О. (2014). *Оздоровче харчування: стан і перспективи XXI століття*. Чернівці, БДМУ.

Євтушевська О. О., Бабуріна С. І. (2010). *Тенденції розвитку українського ринку соків, нектарів, напоїв, що містять сік, морсів*, 3. Економіка харчової промисловості.

Козярин І. П. (2003). *Вітаміни і здоров'я*, 2. Здоров'я України.

Петрович О. (2015). *Огляд ринку сокової продукції в Україні*, 10. Продукти харчування.

Побережець І. І., Побережець В. І., Романовський І. Я. (2005). Контроль якості яблучних соків за їх фізичними властивостям. *Наукові праці НУХТ*, 16.

Скурихин И. М., Волгарева М. Н. (1987) *Химический состав пищевых продуктов: Книга 1: Справочная таблица содержания основных пищевых веществ и энергетическая ценность пищевых продуктов*. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ВО «Агропромиздат».

Тележенко Л. Н., Безусов А. Т. (2004). *Биологически активные вещества фруктов и овощей и их сохранение при переработке*. Одесса: Изд-во «Optimum».

INFLUENCE OF THE EXTREMELY LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC TREATMENT ON MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF WHEAT GRAIN

Yu. Kovra, G. Stankevich, A. Yegorova

Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

Wheat

*Extremely low-frequency
electromagnetic field*

Treatment

Microbiological indicator

Storage

ABSTRACT

The aim of the work was the investigation of regularities of influence of different parameters of wheat grain treatment by EMF of ELF, its influence on microbiological indicators, which will contribute to increase of grain quality during its storage. The objects of the investigation were the wheat grain of “Shestopalivka” variety of the 2019—2020 harvest and the indicators of its microbiological insemination.

Treatment by EMF of ELF was carried out on the test bench which consisted of an electromagnetic coil, a generator of electromagnetic vibrations GZ-112/1, a low-frequency amplifier, an oscillograph C1-78, an ammeter and a digital voltmeter B7-38. For grain treatment, EMF with 10, 16, 24 and 30 Hz frequency was used, magnetic induction amounted to 10 mTl, the duration of the treatment was 6 minutes. A separate investigation was carried out for 30 Hz frequency during 60 minutes.

It was found, that for inhibiting the bacteria growth as well as micromycetes growth, treatment of the wheat grain by EMF of ELF under 10, 16, 24 and 30 Hz with magnetic induction 10 mTl and the treatment duration of 6 minutes can be used. Treatment by EMF with 30 Hz frequency can be considered to be the most efficient, which was confirmed by the results of treatment of other types of vegetal raw materials. Influence of EMF of ELF on the development of various microbiota (bacteria and mold fungi) differs by efficiency. Treatment by EMF of ELF of freshly harvested grain before storage gave better effect of mold fungi decreasing than the treatment of the grain which was stored for some time. It was shown that the treatment of wheat grain by EMF with 30 Hz frequency during 60 minutes resulted in some mold growth which can be explained by its adaptation to EMF action and subsequent activation for reproduction. The last one was a limited factor concerning duration of grain treatment by EMF of ELF.

On the basis of the obtained results the method of treatment by EMF of ELF with 30 Hz frequency during 6 minutes under magnetic induction 10 mTl can be recommended for reducing microbial contamination of wheat grain mass in the processes of its post-harvesting treatment and storage.

Article history:

Received 23.03.2021

Received in revised form

06.04.2021

Accepted 20.04.2021

Corresponding author:

G. Stankevich

E-mail:

georgii.stn@gmail.com

ВПЛИВ ВКРАЙ НИЗЬКОЧАСТОТНОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ НА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

Ю. В. Ковра, Г. М. Станкевич, А. В. Єгорова

Одеська національна академія харчових технологій

Дія електромагнітного поля (ЕМП) значної напруженості спричиняє в біологічних системах певні теплові ефекти, що досліджені нині досить повно. Слабкі ж дії низько інтенсивного поля, що має нетепловий характер, поки ще вивчені недостатньо, особливо вкрай низьких частот у діапазоні 3...30 Гц з магнітною індукцією до 10 мТл.

У статті досліджено закономірності впливу різних параметрів обробки зерна пшениці ЕМП ВНЧ на його мікробіологічні показники, що сприятиме підвищенню якості зерна при зберіганні. Предметом дослідження було зерно пшениці сорту «Шестопалівка» урожаю 2019—2020 років та показники його мікробіологічного обсіменіння.

Обробку ЕМП ВНЧ проводили на експериментальному стенді, який складався з електромагнітної котушки, генератора електромагнітних коливань ГЗ-112/1, підсилювача низької частоти, осцилографа С1-78, амперметра та цифрового вольтметра В7-38. Для обробки зерна використовували ЕМП з частотою 10, 16, 24 і 30 Гц, магнітна індукція складала 10 мТл, тривалість обробки 6 хвилин. Окремий дослід для частоти 30 Гц тривав 60 хвилин.

Установлено, що для пригнічення росту бактерій і мікроміцетів можна використовувати обробку зерна пшениці ЕМП ВНЧ при 10, 16, 24 та 30 Гц за магнітної індукції у 10 мТл і тривалості обробки протягом 6 хвилин. Найбільш ефективною можна вважати обробку ЕМП з частотою 30 Гц, що узгоджується з результатами обробки інших видів рослинної сировини. Вплив ЕМП ВНЧ на розвиток різної мікробіоти (бактерії і плісеневі гриби) відрізняється за ефективністю. Обробка ЕМП ВНЧ свіжозібраного зерна перед зберіганням дає кращий ефект зниження плісневих грибів, ніж обробка зерна, що зберігалось певний час. Показано, що обробка зерна пшениці ЕМП з частотою 30 Гц протягом 60 хв призводить до росту кількості плісені, що можна пояснити її адаптацією до дії ЕМА та подальшою активацією до розмноження. Останнє є обмежувальним чинником тривалості обробки зерна ЕМП ВНЧ.

На підставі отриманих результатів метод обробки ЕМП ВНЧ з частотою 30 Гц протягом 6 хв при магнітній індукції 10 мТл можна рекомендувати для зниження мікробної контамінації зернових мас пшениці в процесах їх післязбиральної обробки і зберігання.

Ключові слова: пшениця, вкрай низькочастотне електромагнітне поле, обробка, мікробіологічні показники, зберігання.

Постановка проблеми. Сучасні технології зберігання зерна у сховищах різного типу передбачають ретельну обробку збіжжя після його збирання та надходження на зернозаготівельні підприємства. Разом із очищенням, активним

вентилюванням, сушінням, якому піддається зерно залежно від вимог підприємства або комплексу, в якому воно зберігається для подальшого використання, можливі різні способи його обробки. Так, зерно та насіння зберігаються в полімерних зернових рукавах, з використанням інертного газу, озону, електромагнітної обробки високої частоти (2,45 ГГц) тощо (Цык, 2014; Станкевич & Бабков, 2015; Васильев & Краусп, 2012).

Проте відомості про обробку за допомогою електромагнітного поля (ЕМП) є достатньо суперечливими, різні автори пропонують використання обробки електричним і магнітним полями в достатньо широкому діапазоні їх параметрів, з поєднанням і застосуванням додаткових засобів впливу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед публікацій з використання ЕМП викликають особливий інтерес праці, пов'язані з обробкою сільськогосподарської сировини ЕМП низької частоти, зокрема діапазону електромагнітного поля вкрай низьких частот (ЕМП ВНЧ) — від 3 до 30 Гц (Касьянов, Барышев, Решетова & Христюк, 2016).

Відомо, що ефективність дії ЕМП на живі організми, зокрема на мікробіоту зерна, залежить від частоти (або пов'язаного з нею параметра — довжини хвилі) та дози опромінення (Смирнова & Кострова, 1989). Найчастіше дослідження стосуються впливу ЕМП на біохімічні процеси під час пророщування зерна та активування схожості насіння різних культур (Ерохин, 2018).

Відомі дослідження, в яких доведена доцільність використання ЕМП ВНЧ як нетеплового фізичного «бар'єра», що забезпечує уповільнення росту мікробіоти в процесі зберігання овочевих салатів у закладах ресторанного господарства. Причому, зі зростанням вмісту вологи збільшується діелектрична проникність продуктів, що забезпечує високу ефективність дії ЕМП ВНЧ на загибель мікробіоти (Лисовой и др., 2016).

Іншими авторами з'ясовано, що дія ЕМП ВНЧ перешкоджає розвитку колоній патогенної мікробіоти на поверхні коренеплодів при їх зберіганні. Встановлено, що найбільша частка загибелі мікробіоти спостерігається при обробці з частотою 30 Гц та силі струму 15 А і подальше збільшення частоти ЕМП суттєвого значення не має (Першакова и др., 2016).

Дослідження впливу електромагнітного поля низької частоти на процеси зберігання зерна пшениці та їхній вплив на мікробіологічні показники, які мають значний вплив на термін зберігання, фрагментарні або відсутні, тому актуальним є визначення впливу ЕМП на мікробіологічні показники зерна пшениці при її зберіганні після такої обробки.

Мета статті: дослідження закономірностей впливу різних параметрів обробки зерна пшениці ЕМП ВНЧ на її мікробіологічні показники, що сприятиме підвищенню якості зерна при зберіганні.

Матеріали і методи. Предметом дослідження було зерно пшениці сорту Шестопалівка. Це перший сорт п'ятого покоління, розроблений у 2007 р. Одеським селекціонером П. М. Артюшенко (Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік, 2021). Його особливість у тому, що осінньо-зимовий період він є жорстко-озимим, а у весняно-літній період — умовно яровим сортом. Такі універсальні особливості цікаві з точки зору вивчення

властивостей обробленої пшениці. Для дослідження було використано зерно урожаю 2019 р., вологістю 11,4%, та урожаю 2020 р., вологістю 12,4%. У дослідженнях вивчали зміни мікробіологічних показників зерна після обробки ЕМП ВНЧ.

Зерно пшениці піддавали впливу ЕМП ВНЧ, контролем був зразок без обробки. Дослідження зразків пшениці проводили у 5 повторностях. У процесі дослідження використовували класичні методи визначення мікробіологічних показників зерна та статистичні методи обробки інформації з використанням засобів MS Excel. Загальну кількість бактерій, мікроорганізмів групи *Enterobacteriaceae* та плісневих грибів визначали на підставі ГОСТ 10444.15-94, ДСТУ ISO 4833:2006, ГОСТ 26972-86, ГОСТ 10444.12-2013, ДСТУ ISO 7954:2006 та ГОСТ 29184-91 відповідно.

Кількісний і якісний склад мікробіоти визначали за допомогою посівів на середовища загального вжитку та селективні поживні середовища.

Загальну кількість бактерій (МАФАНМ) визначали посівом під м'ясо-пептонний агар (МПА), мікроміцети під сусло-агар (СА) з подальшим культивуванням мікроорганізмів у термостаті за температури $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ протягом двох діб для МАФАНМ та п'яти діб — для мікроміцетів.

Споротворні форми бактерій визначали в пастеризованих змивах із зразків, які засівали під комплексне поживне середовище МПА+СА у співвідношенні 1:1. Після культивування проводили кількісний облік.

Обробку зерна ЕМП ВНЧ проводили на експериментальному стенді, який включає соленоїдну котушку, полімерну трубу циліндричної форми (ємність для зерна), генератор електромагнітних коливань ГЗ-112/1 та сконструйований для цієї мети підсилювач потужності низької частоти. Вихідний сигнал генератора задавали у формі синусоїди та контролювали осцилографом С1-78.

Дослідження проводили в діапазоні частот ЕМП $\nu = 10 \dots 30$ Гц, магнітна індукція обробки зерна була сталою та дорівнювала 10 мТл. Необхідне значення сили струму в експериментальному стенді для забезпечення вказаної магнітної індукції складало 1 А. Для цього перед початком кожного дослідження з обробки зерна регулятором потужності підсилювача НЧ встановлювали необхідне значення сили струму, яку контролювали універсальним (комбінованим) цифровим вольтметром В7-38 (взято із <https://zapadpribor.com/ua/v7-38/>).

Тривалість обробки зерна становила $\tau = 6$ хв, що було обґрунтовано на підставі результатів попередніх досліджень впливу ЕМП ВНЧ на насінневі властивості зерна. Для порівняння було проведено додатковий дослід з тривалістю обробки $\tau = 60$ хв.

Викладення основних результатів дослідження. Обробку зерна пшениці сорту Шестопалівка урожаю 2019 р. ЕМП ВНЧ проведено 08.11.2019 — після трьох місяців зберігання в лабораторних умовах. Через 14 днів від моменту обробки (тобто 22.11.2019) досліджено наявність бактерій, а ще через 28 днів (06.12.2019 р.) визначено наявність плісені.

Обробку зерна пшениці сорту Шестопалівка урожаю 2020 р. ЕМП ВНЧ проведено на початку зберігання в лабораторних умовах 23.09.2020. Через 3 дні (тобто 26.09.2020) та після зберігання зерна протягом трьох місяців у лабораторних умовах 15.12.2020, через 3 дні обробки (тобто 18.12.2020) зерно досліджено на наявність бактерій і мікроміцетів.

Результати досліджень мікробіологічних показників зразків пшениці після обробки ЕМП ВНЧ порівняно з контролем наведені в табл. 1 та рис. 1—3.

Таблиця 1. Режими і результати обробки ЕМП ВНЧ зерна пшениці сорту Шестопалівка на мікробіологічні показники

Зразки зерна	Умови обробки ЕМП ВНЧ		Склад мікробіоти		
	ν, Гц	τ, хв	МАФАНМ, КУО·10 ⁻⁴ /Г		Мікроміцети, КУО/Г
			разом	у тому числі <i>Erwinia herbicola</i>	
Зерно урожаю 2019 р., оброблене після 3-місячного зберігання	Контроль		20,0	3,7	140
	10	6	5,0	3,8	110
	16	6	10,0	5,0	112
	24	6	7,6	3,8	170
	30	6	3,8	1,7	65
Зерно урожаю 2020 р., оброблене на початку зберігання	Контроль		53,0	49,0	280
	10	6	50,0	50,0	260
	16	6	40,0	31,0	200
	24	6	35,0	32,0	240
	30	6	30,0	27,0	80
Зерно урожаю 2020 р., оброблене після 3-місячного зберігання	Контроль		92,8	18,5	390
	10	6	45,6	20,0	260
	16	6	44,0	17,0	220
	24	6	37,6	18,2	270
	30	6	35,0	10,0	360
	30	60	36,8	12,5	500

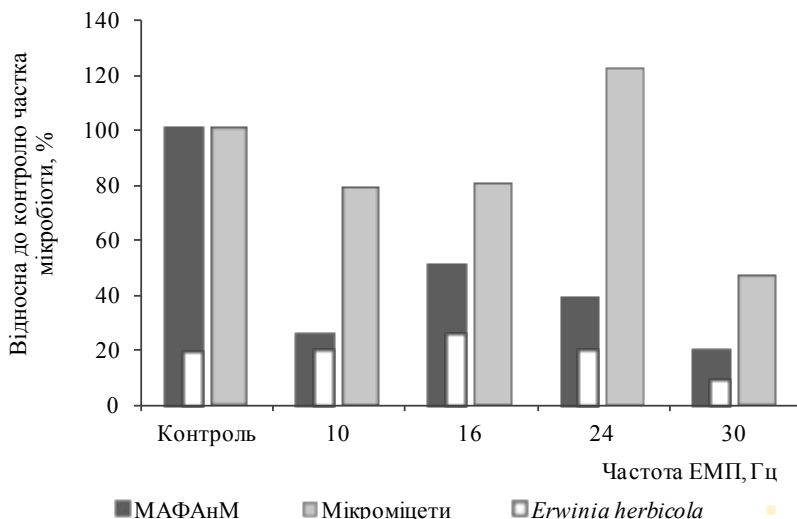


Рис. 1. Відносна до контролю частка мікробіоти зерна пшениці сорту Шестопалівка, обробленого ЕМП протягом 6 хв після 3-місячного зберігання (урожай 2019 р.)

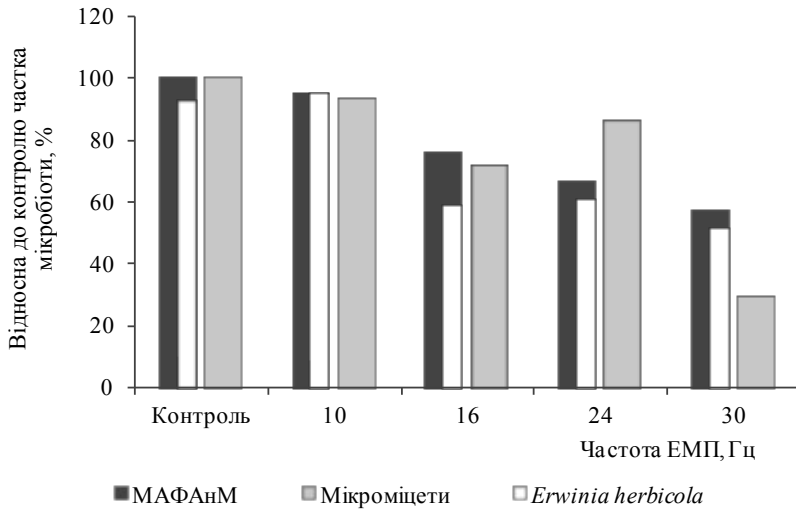


Рис. 2. Відносна до контролю частка мікробіоти зерна пшениці сорту Шестопа́лівка, обробленого ЕМП протягом 6 хв на початку зберігання (урожай 2020 р.)

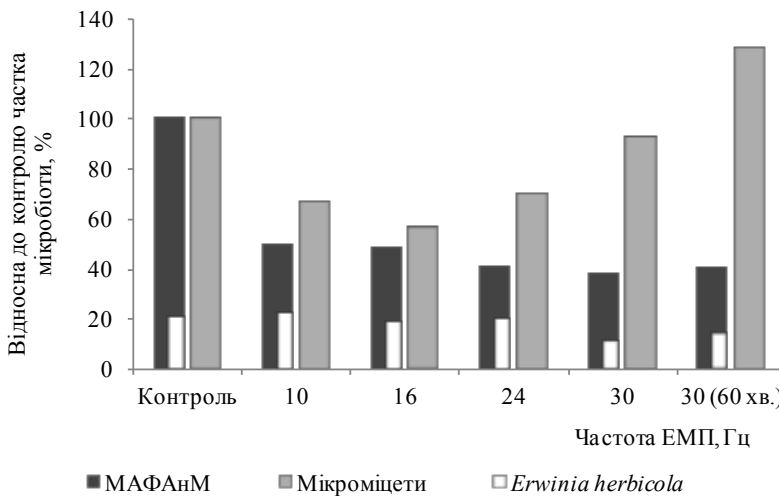


Рис. 3. Відносна до контролю частка мікробіоти зерна пшениці сорту Шестопа́лівка, обробленого ЕМП протягом 6 хв після 3-місячного зберігання (урожай 2020 р.)

У результаті дослідження встановлено, що в контрольному зразку зерна врожаю 2019 р. (рис. 1) кількість *Erwinia herbicola* становить 18,50% від загальної кількості мікроорганізмів, що свідчить про недостатню свіжість зерна. В обробленому протягом 6 хв зерні найкращі результати зменшення мікробної контамінації отримані при 30 Гц — порівняно з контролем виявлено 19,00% бактерій від початкової кількості та, відповідно, 46,43% — плісені.

У зерні врожаю 2020 р. (рис. 2) на початку зберігання кількість *Erwinia herbiicola* становила 92,50% від загальної кількості мікроорганізмів, що свідчить про свіжість зерна. Після зберігання протягом трьох місяців загальна кількість бактерій збільшилась на 75,10%. В обробленому протягом 6 хв зерні на початку зберігання найкращі результати зменшення мікробної контамінації отримані при 30 Гц — порівнянні з контролем виявлено 56,60% бактерій від початкової кількості та, відповідно, 28,57% плісені.

В обробленому протягом 6 хв зерні пшениці після трьох місяців зберігання (рис. 3) найкращі результати зменшення мікробної контамінації отримані для бактерій при 30 Гц — порівняно з контролем виявлено 37,72% від початкової кількості, для плісені — при 16 Гц виявлено 56,41%.

У додатковому порівняльному досліді зерно після трьох місяців зберігання обробили за частотою 30 Гц, однак тривалість обробки була збільшена в 10 разів — з 6 до 60 хвилин. Отримані результати показали (див. праву частину рис. 3), що кількість бактерій склала 39,66% від початкової кількості, що практично на рівні обробки протягом 6 хв (37,72%). Однак при цьому плісень збільшилась і склала 128,21% від початкової кількості, що значно більше порівняно з обробкою протягом 6 хв (92,31%).

Висновки

1. Встановлено, що для пригнічення росту бактерій і мікроміцетів доцільно використовувати обробку зерна пшениці ЕМП ВНЧ при 10, 16, 24 та 30 Гц за магнітної індукції у 10 мТл та тривалості обробки протягом 6 хвилин. Найбільш ефективною можна вважати обробку ЕМП з частотою 30 Гц, що узгоджується з результатами обробки інших видів рослинної сировини.

2. Вплив ЕМП ВНЧ на розвиток різної мікробіоти (бактерії і плісеньові гриби) відрізняється за ефективністю. Обробка ЕМП ВНЧ свіжозібраного зерна перед зберіганням дає кращий ефект зниження плісеньових грибів, ніж обробка зерна, що зберігалось певний час.

3. Показано, що обробка зерна пшениці ЕМП з частотою 30 Гц протягом 60 хв призводить до росту кількості плісені. Результат зміни контамінації плісеньових грибів можна пояснити тим, що вплив слабкого ЕМП на мікробіоту спочатку викликає стрес і призводить до зменшення чисельності колоній. Згодом відбувається адаптація мікробіоти, яка вижила, і вона починає активно розмножуватись, що призводить до її суттєвого збільшення. Останнє є обмежувальним чинником тривалості обробки зерна ЕМП ВНЧ.

4. На підставі отриманих результатів метод обробки ЕМП ВНЧ з частотою 30 Гц протягом 6 хв при магнітній індукції 10 мТл можна рекомендувати для зниження мікробної контамінації зернових мас пшениці у процесах їх післязбиральної обробки і зберігання.

Література

Васильев А. А. & Краусп В. Р. (2012). Варианты обеззараживания зерна в линиях послеуборочной обработки. *Вестник ВНИИМЖ*, 3(7), 73—78. Взято з <http://www.vniimzh.ru/images/material/Magazines/n7.pdf>.

Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. (2021). Київ: Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України (Мінекономіки). Взято з <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.

Ерохин А. И. (2018). Влияние электромагнитного поля низкой частоты на посевные качества семян и урожайность гороха, ячменя и яровой пшеницы. *Зернобобовые и крупяные культуры*, 2(26), 17—22.

Касьянов Г. И., Барышев М. Г., Решетова Р. С. & Христюк В. Т. (2016) *Обработка сельскохозяйственного сырья электромагнитным полем низкой частоты: теория и практика*. Санкт-Петербург: Троицкий мост. Взято з <http://e.lanbook.com/book/90693>.

Лисовой В. В., Михайлюта Л. В., Купин Г. А., Викторова Е. П. & Шахрай Т. А. (2016). Влияние электромагнитных полей на степень гибели микроорганизмов в зависимости от их вида и количества. *Технология пищевой и перерабатывающей промышленности*, 2, 82—85.

Першакова Т. В., Купи Г. А., Михайлюта Л. В., Панасенко Е. Ю., Лисовой В. В. & Викторова Е. П. (2016). Исследование влияния электромагнитного поля на изменение микробной обсемененности растительного сырья в процессе хранения. *Успехи современного естествознания*, 5, 74—78. Взято з <https://natural-sciences.ru/pdf/2016/5/35901.pdf>.

Смирнова Т. А. & Кострова Е. Н. (1989). *Микробиология зерна и продуктов его переработки: учебное пособие для вузов*. Москва: Агропромиздат.

Станкевич Г. М. & Бабков А. В. (2015). *Озон в технологиях обработки и зберігання зерна пшениці*. Херсон: Видавець Грінь Д. С.

Цык В. В. (2014). *Послеуборочная обработка и хранение зерна: учебно-методическое пособие*. Горки: БГСХА.

Каталог товарів. Радіовимірвальні прилади. Вольтметри В7. Технічні характеристики. Взято з <https://zapadpribor.com/ua/v7-38/>.

INCREASING THE NUTRITIONAL VALUE OF PRODUCTS FOR INFANTS ACCORDING TO THE REQUIREMENTS OF NUTRITIOLOGY

K. Belinska

Kamianets Podilskyi National Ivan Ohiienko University

N. Falendysh

National University of Food Technologies

Key words:

Nutritiology

Rice porridge

Corn porridge

Sheep's milk powder

Cryopowders

Article history:

Received 15.03.2021

Received in revised form
29.03.2021

Accepted 12.04.2021

Corresponding author:

K. Belinska

E-mail:

kristina0612@ukr.net

ABSTRACT

The purpose of the research was to study the effect of fruit and berry cryopowders and sheep's milk powder on the rheological properties and chemical composition of milk and cereals for the category of consumers — children of 4—6 years. It was found that traditional rice and corn milk porridges did not meet the requirements of nutrition regarding the ratio of proteins, fats, carbohydrates for children of 4—6 years. It was proposed to replace cow's milk powder with sheep's milk powder, rich in polyunsaturated fatty acids and lactoferrin. Cryopowders “Apricot”, “Black Currant”, “Raspberry” as a source of dietary fiber and ascorbic acid were included in the porridge recipe. The viscosity of the developed porridges was investigated, the chemical composition was calculated, and the degree of daily requirement for the main components was assessed.

The viscosity of rice porridge was higher than the viscosity of corn porridge due to the resistance of rice starch to mechanical stress. In the developed recipes of rice and corn porridges the content of proteins increased by 8% and 9% and fats by 22% and 14%, respectively. In rice porridge the coverage of the daily requirement for linolenic acid increased 3 times, and in corn — by 56%, when using 100 g of product. In rice porridge the coverage of daily fiber needs increased 1.6—2.5 times. Corn porridge contained fiber, the amount of which provided a daily norm by 4—9%. Rice porridge increased the coverage of the daily requirement of vitamin C, thiamine and nicotinic acid 1.5—3.7 times. In corn porridge, the coverage of the daily requirement of vitamin C increased 3.5—5.4 times. The content of riboflavin in all porridges decreased. In rice porridge the content of mineral substances decreased, in corn porridge the coverage of daily need for potassium decreased 2—3.6 times. In the developed rice porridges the ratio of proteins, fats, carbohydrates was 1:1,1:4, in corn porridges — 1:1,3:4,7. The obtained ratios met the requirements of nutrition.

ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ З ДОТРИМАННЯМ ВИМОГ НУТРИЦІОЛОГІЇ

К. О. Белінська

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

Н. О. Фалендиш

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив фруктових-ягідних криопорошків і сухого овечого молока на реологічні властивості та хімічний склад молочно-круп'яних каш для категорії споживачів — діти віком 4—6 років. З'ясовано, що традиційні рисова та кукурудзяна молочні каші не відповідають вимогам нутриціології щодо співвідношення білків, жирів, вуглеводів для дітей віком 4—6 років. Запропоновано замінити молоко сухе коров'яче на молоко сухе овече, багате поліненасиченими жирними кислотами та лактоферином. До рецептури каші включено криопорошки «Абрикос», «Чорна смородина», «Малина» як джерело харчових волокон та аскорбінової кислоти.

Досліджено в'язкість розроблених каш, розраховано хімічний склад, оцінено ступінь забезпечення добової потреби в основних компонентах. В'язкість рисової каші вища за в'язкість кукурудзяної каші у зв'язку зі стійкістю крохмалю рису до впливу механічних напруг. У розроблених рецептурах каші рисової та кукурудзяної збільшується вміст білків на 8% і 9% та жирів на 22% і 14% відповідно. У рисовій каші збільшилося покриття добової потреби у ліноленовій кислоті втричі, а в кукурудзяній — на 56% при вживанні 100 г продукту. У рисовій каші покриття добової потреби у клітковині збільшується у 1,6—2,5 рази. У кукурудзяній каші з'являється клітковина, кількість якої забезпечує добову норму на 4—9%. У рисовій каші підвищується покриття добової потреби у вітаміні С, тіаміні та нікотинової кислоті у 1,5—3,7 рази. У кукурудзяній каші покриття добової потреби у вітаміні С зросло у 3,5—5,4 рази. Вміст рибофлавіну у всіх кашах знизився. У рисовій каші знизився вміст мінеральних речовин, в кукурудзяній каші покриття добової потреби у калії зменшилося у 2—3,6 рази. У розроблених рисових кашах співвідношення білків, жирів, вуглеводів становить 1:1,1:4, у кукурудзяних кашах — 1:1,3:4,7. Отримані співвідношення відповідають вимогам нутриціології.

Ключові слова: нутриціологія, рисова каша, кукурудзяна каша, сухе овече молоко, криопорошки.

Постановка проблеми. Здоров'я людини значною мірою визначається ступенем забезпеченості організму енергією та цілим рядом, передусім есенціальних (незамінних), харчових речовин. Здоров'я можна зберегти лише за умови повного задоволення фізіологічних потреб в енергії та харчових речовинах. Будь-яке відхилення від так званої формули збалансованого харчування призводить до

певного порушення функцій організму, особливо якщо ці відхилення достатньо виражені та тривалі в часі (Дорохович, 2016).

Згідно з вимогами нутриціології та Нормами фізіологічних потреб населення України оптимальне співвідношенням білків, жирів, вуглеводів для дітей віком 4—6 років — 1:1:4. Такі продукти, як молочно-круп'яні каші є продуктами щоденного вживання цієї групи населення.

У табл. 1 наведено рецептурний склад молочної рисової та кукурудзяної каш і визначено співвідношення білків, жирів та вуглеводів. Аналіз таблиці показує, що молочно-круп'яні каші не відповідають вимогам нутриціології. За рекомендаціями нутриціологів добова потреба в рослинних волокнах для дітей складає 10—15 г.

Таблиця 1. Рецептура молочно-круп'яних каш

Сировина	Каша молочна рисова	Каша молочна кукурудзяна
Екструдована крупа рисова	35,0	
Екструдована крупа кукурудзяна		35,0
Молоко коров'яче сухе	45,0	45,0
Цукор білий	20,0	20,0
Співвідношення Б:Ж:В	1:1:5,3	1:1,3:6,1

Розробка нових виробів функціонального призначення, які забезпечують необхідну кількість біологічно активних речовин у добовому раціоні дитини, є одним з основних напрямків розвитку харчоконцентратної промисловості. У сучасних умовах відчувається відсутність необхідних макро- і мікронутрієнтів, що призводить до зниження імунітету, погіршення здоров'я, збільшення кількості захворювань і зниження якості життя. Особливу увагу слід приділяти не тільки загальному поліпшенню нутрієнтного складу продуктів, а також їх відповідності нормам харчування для певної групи населення. Вимоги до харчування встановлюються за рекомендаціями нутриціології з урахуванням віку дітей.

Вживання таких продуктів покращує фізіологічні процеси в організмі, зміцнює імунітет і загальний стан організму дитини, а також сприяє профілактиці хронічних захворювань. Перспективним шляхом створення продуктів функціонального призначення є збагачення існуючих продуктів біологічно активними речовинами за рахунок використання нетрадиційних видів сировини.

Для поліпшення хімічного складу молочно-круп'яних каш, згідно з вимогами нутриціології, прийнято рішення збагатити їх білковими та жировими компонентами, вітамінами і мінеральними речовинами. Серед безлічі видів нетрадиційної сировини таким вимогам до хімічного складу найкраще відповідають молоко овече та кріопорошки. У ході дослідження було прийнято рішення про заміну в каші рецептурної кількості молока коров'ячого на молоко овече, а для надання кашам функціональних властивостей вирішено збагатити їх харчовими волокнами, вітамінами та мінералами за рахунок внесення в рецептуру кріопорошків.

Кріопорошки — це інноваційні продукти, що володіють лікувально-профілактичними властивостями і збагачують їжу вітамінами, макро- та мікроелементами та іншими БАР. Хімічний склад кріопорошків «Абрикос», «Чорна смородина» та «Малина» фірми «Гамми» (Росія) наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Хімічний склад кріопорошків (Drózdź, Šežienė & Pyrzyńska, 2017; Mazur, Nes, Wold, Remberg & Aaby, 2014; Zhao, 2007)

Показник	Кріопорошки		
	«Абрикос»	«Чорна смородина»	«Малина»
Клітковина	15,3	35,0	27,14
Вміст вітамінів, мг/%			
С	63	89	133
В ₁	0,1	0,1	0,11
В ₂	0,2	0,4	0,27
РР	4	9	3,2
Вміст мінеральних елементів, мг/%			
Калій	1870	420	1193
Кальцій	160	390	213
Магній	170	320	117
Фосфор	3	89	197

Джерелом поліненасичених жирних кислот і лактоферину є сухе овече молоко.

Порівняно з коров'ячим сухим молоком молоко сухе овече містить на 9% більше тваринних білків, більше лінолевої та вдвічі більше ліноленової кислоти, в 4,5 раза більше лактоферину. Крім цього, в сухому овечому молоці міститься вдвічі більше аскорбінової кислоти, ніж у сухому коров'ячому молоці, в 1,6 раза більше тіаміну та в 4,6 раза більше нікотинової кислоти (Белінська & Фалендиш, 2015).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками великої популярності набувають кріопорошки. Дослідження (Пересічний, Корзун, Кравченко & Григоренко, 2003) показали, що внесення різноманітних видів кріопорошків у вигляді наповнювачів у кисломолочні напої дає змогу створити нові види напоїв лікувально–профілактичної дії, які мають вишуканий смак і високі органолептичні показники. Використання кріопорошків для солодких страв і продуктів збагачує їх вітамінами, мінеральними речовинами, харчовими волокнами, поліпшує хімічний склад харчових продуктів і підвищує їхню біологічну цінність. Ці дані дають змогу рекомендувати кріопорошки для використання у технологіях молочних продуктів (Гачак та ін., 2017; Гачак, Михайлицька, Гутий, Кузьо & Беляк, 2019).

У праці (Kovtun, Kovbasa & Pichkur, 2019) досліджувалася важливість використання кріопорошків як джерела харчових волокон, що пов'язано з профілактичною аліментарно-залежних захворювань.

Авторами (Касьянов та ін., 2020) досліджувалося збагачення овочевими кріопорошками м'ясо-рослинного паштету, рибо-рослинної бутербродної пасти, млинців з м'ясною та рибною начинками.

Японські вчені (Ho, Ishii, Matsumiya, Iwasa & Matsumura, 2021) досліджували порошки абрикоса й авокадо не тільки як джерела клітковини та ліпідів, але й як харчові стабілізатори емульсій. Результати свідчать про високу можливість використання фруктових порошків як харчових емульгаторів для стабілізації емульсій з високою фізичною стабільністю.

Науковцями (San-Cauich та ін., 2017) досліджувалися порошки зі шкірок тропічних фруктів. Авторами встановлено, що порошки зі шкірок тропічних фруктів є перспективними джерелами біоактивних інгредієнтів з антиоксидантними властивостями та мають потенційне застосування у розробці функціональних харчових продуктів або як консервантів.

Недослідженим залишається вплив кріопорошків на реологічні властивості та підвищення харчової цінності молочно-борошняних каш.

Мета дослідження: вплив фруктових кріопорошків і сухого овечого молока на реологічні властивості та хімічний склад молочно-круп'яних каш для категорії споживачів — діти віком 4—6 років

Матеріали і методи. Об'єктами дослідження були молочно-круп'яні каші. Як основну сировину використовували екструдовану рисову та екструдовану кукурудзяну крупи, молоко сухе овече, кріопорошки «Абрикос», «Чорна смородина», «Малина».

Зміни в'язко-пластичних характеристик молочно-круп'яних каш досліджували за величиною ефективної в'язкості, яку визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2» із системою коаксіальних циліндрів S/S₂ в діапазоні швидкості деформації 3—1312 с⁻¹. Розрахунок хімічного складу проводили методом розрахунку інтегрального скору, використовуючи засоби інформаційних технологій, зокрема пакет Microsoft Excel.

Викладення основних результатів дослідження. Під час досліджень використовувалась нетрадиційна сировина — молоко сухе овече та кріопорошки «Абрикос», «Чорна смородина» та «Малина». Овече молоко містить 25% білка, жиру — 32%, вуглеводів — 20%.

Найпершим завданням було визначення оптимальної кількості рецептурних компонентів. Відповідно до рекомендацій виробників кріопорошків для дітей віком 4—6 років добова норма становить 5 г. За рахунок внесення рослинної сировини, яка багата на цукри, було прийнято рішення зменшити дозування цукру на 5%. Вміст молока овечого 45% залишили без змін.

При відновленні молочно-круп'яних каш у співвідношенні 1:3 готові вироби мали гарний аромат, приємний кислий смак і привабливий зовнішній вигляд.

З метою встановлення впливу кріопорошків і сухого овечого молока на структурно-механічні властивості продукту досліджували в'язкість відновлених молочно-круп'яних каш. Дослідження показали, що внесення нової сировини впливає на в'язкість каш, яка збільшується з 400 Па·с до 1800 Па·с, що свідчить про загальне зміцнення структури. Результати визначення в'язкості каш наведено на рис. 1—2.

Як видно з кривих руйнування структури дисперсій, структурно-механічні властивості залежать від кількісного та якісного складу продукту. Для всіх зразків спостерігається подібний характер кривих в'язкості.

Результати дослідження показали, що каша з екструдатом рису порівняно з кашею з кукурудзяним екструдатом зберігає високу в'язкість, що пояснюється стійкістю крохмалю рису до впливу механічних напруг (Гуськов & Мачихин, 1970).

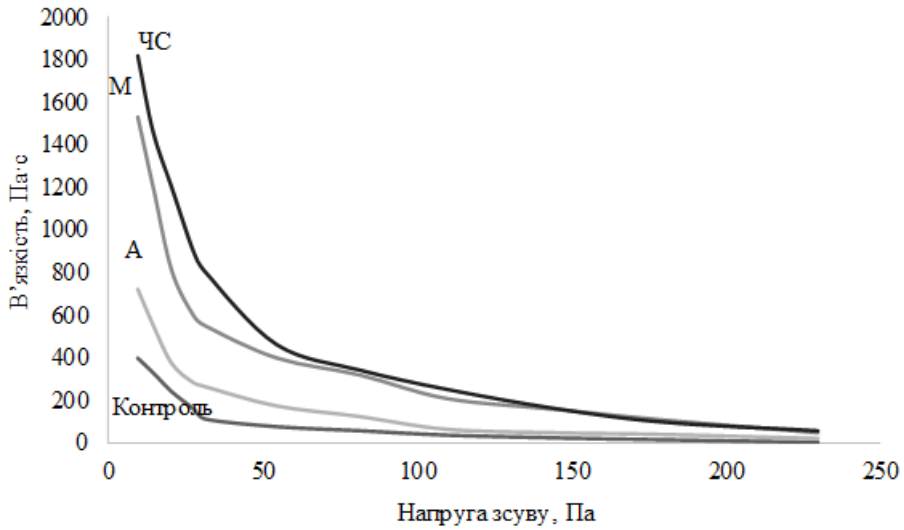


Рис. 1. Реологічні криві в'язкості відновленої рисової каші:
 А — з кріопорошком «Абрикос»; М — з кріопорошком «Малина»;
 ЧС — з кріопорошком «Чорна смородина»

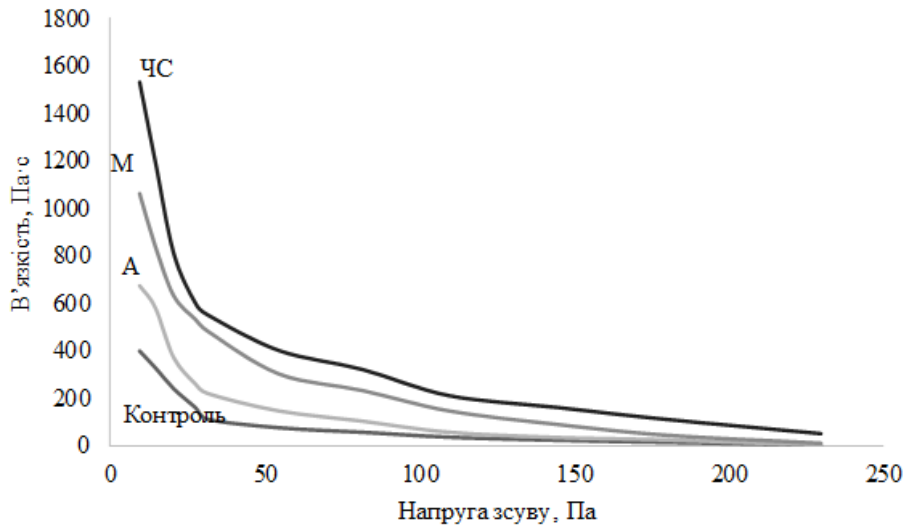


Рис. 2. Реологічні криві в'язкості відновленої кукурудзяної каші:
 А — з кріопорошком «Абрикос»; М — з кріопорошком «Малина»;
 ЧС — з кріопорошком «Чорна смородина»

Наступним етапом дослідження був розрахунок хімічного складу молочно-круп'яних каш з кріопорошками та оцінка ступеня забезпечення добової потреби в кожному компоненті. Як контроль представлено хімічний склад і ступінь забезпечення добової потреби в основних нутрієнтах традиційних молочно-круп'яних каш на основі коров'ячого молока без внесення кріопорошків (табл. 3).

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Таблиця 3. Хімічний склад сухих молочно-круп'яних каш (контроль)

Компонент	Молочно-рисова каша		Молочно-кукурудзяна каша	
	Вміст, %	Задоволення добової потреби, %	Вміст, %	Задоволення добової потреби, %
Білки, %	12,8	22,1	10,9	18,8
Білки тваринні, %	10,4	25,4	10,4	25,4
Жири, %	12,1	21,6	14,1	25,2
Вуглеводи, %	64,4	26,8	66,4	27,7
Лінолева кислота, %	0,17	3,8	0,4	8,9
Ліноленова кислота, %	0,06	6,7	0,07	7,8
Лактоферин, %	0,31	—	0,31	—
Клітковина, %	1,1	5,5	—	—
С, %	1,8	3,6	1,8	3,6
В ₁ , %	0,12	15,0	0,34	42,5
В ₂ , %	0,6	60,0	0,7	70,0
РР, %	1,5	12,5	1,8	15,0
Калій, %	489,5	81,6	495,5	82,6
Кальцій, %	425,8	53,2	424,4	53,1
Магній, %	58,0	48,3	50,3	41,9
Фосфор, %	457,5	57,2	431,6	53,95

Результати дослідження молочно-круп'яних каш з овечим сухим молоком і кріопорошками представлено в табл. 4, 5.

За результатами дослідження встановлено, що заміна в рецептурі каші рисової молока сухого коров'ячого на молоко сухе овече та додавання кріопорошків призводить до збільшення вмісту білків на 8%, жирів — на 22%, вуглеводів зменшилося на 13,5%. Зменшення вмісту вуглеводів зумовлено тим, що в овечому сухому молоці масова частка лактози вдвічі менша, ніж у сухому коров'ячому молоці.

Таблиця 4. Хімічний склад сухої молочно-рисової каші з кріопорошками

Компонент	Молочно-рисові каші з кріопорошками					
	«Абрикос»		«Чорна смородина»		«Малина»	
	Вміст, %	Задоволення добової потреби, %	Вміст, %	Задоволення добової потреби, %	Вміст, %	Задоволення добової потреби, %
1	2	3	4	5	6	7
Білки, %	13,8	23,8	13,8	23,8	13,8	23,8
Білки тваринні, %	11,3	27,6	11,3	27,6	11,3	27,6
Жири, %	14,8	26,4	14,8	26,4	14,8	26,4
Вуглеводи, %	55,7	23,2	55,7	23,2	55,7	23,2
Лінолева кислота, %	0,2	4,4	0,2	4,4	0,2	4,4
Ліноленова кислота, %	0,1	11,1	0,1	11,1	0,1	11,1
Лактоферин, %	1,3	—	1,3	—	1,3	—
Клітковина, %	1,8	9,0	2,8	14,0	2,4	12,0

1	2	3	4	5	6	7
C, %	6,3	12,6	7,6	15,2	9,8	19,6
B ₁ , %	0,18	22,5	0,18	22,5	0,18	22,5
B ₂ , %	0,41	41,0	0,4	40,0	0,4	40,0
PP, %	2,8	23,3	3,0	25,	2,8	23,3
Калій, %	273,0	46,0	200,0	33,3	238,7	39,8
Кальцій, %	411,0	51,0	422,8	52,9	414,0	51,8
Магній, %	60,0	50,9	67,3	56,1	57,1	47,6
Фосфор, %	72,0	9,0	76,0	9,5	81,7	10,2

Також слід зазначити, що заміна сухого молока призвела до незначної зміни у кількості лінолевої кислоти, проте покриття добової потреби в ліноленовій кислоті зросло втричі. Потреба в лактоферині не нормується для цієї вікової групи, але позитивним є той факт, що його кількість зросла в 4 рази, адже лактоферин належить до сироваткових білків, які легко перетравлюються дитячим організмом.

Таблиця 5. Хімічний склад сухої молочно-рисової каші з кріопорошками

Компонент	Молочно-кукурудзяні каші з кріопорошками					
	«Абрикос»		«Чорна смородина»		«Малина»	
	Вміст, %	Задоволення добової потреби, %	Вміст, %	Задоволення добової потреби, %	Вміст, %	Задоволення добової потреби, %
Білки, %	11,9	20,5	11,9	20,5	11,9	20,5
Білки тваринні, %	11,3	27,6	11,3	27,6	11,3	27,6
Жири, %	16,1	29,2	16,1	29,2	16,1	29,2
Вуглеводи, %	55,8	23,1	55,8	23,1	55,8	23,1
Лінолева кислота, %	0,43	9,6	0,43	9,6	0,43	9,6
Ліноленова кислота, %	0,11	12,2	0,11	12,2	0,11	12,2
Лактоферин, %	1,3	—	1,3	—	1,3	—
Клітковина, %	0,8	4,0	1,8	9,0	1,4	7,0
C, %	6,3	12,6	7,6	15,2	9,8	19,6
B ₁ , %	0,4	50,0	0,4	50,0	0,4	50,0
B ₂ , %	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
PP, %	3,1	25,8	3,4	28,3	3,1	25,8
Калій, %	278,5	22,4	206,0	34,3	244,6	40,8
Кальцій, %	409,9	1,2	421,0	52,6	412,6	51,6
Магній, %	52,0	15,3	60,0	50,0	49,4	41,2
Фосфор, %	26,9	3,4	50,4	46,1	55,8	7,0

Додавання кріопорошків до рисової каші сприяло збагаченню її клітковиною. Завдяки внесенню кріопорошків покриття добової потреби в клітковині збільшується у 1,6—2,5 рази.

З'ясовано, що, завдяки внесенню кріопорошків і сухого овечого молока, в рисовій каші покращений вітамінний склад, завдяки чому покриття добової потреби у вітамінах C, B₁ та PP зростає у 1,5—3,7 рази. Але при цьому вміст мінеральних речовин дещо зменшується.

У покращеній рецептурі кукурудзяної каші вміст білка збільшується на 9%, жиру — на 14%, а вуглеводів зменшується на 16%. Такі зміни зумовлені відмінностями в хімічному складі сухого коров'ячого й овечого молока.

Введення в рецептуру каші кукурудзяної молока овечого сприяє підвищенню добового покриття потреби в поліненасичених жирних кислотах. Так, забезпечення добової потреби в лінолевої кислоті зростає на 7,9%, а у ліноленовій — на 56%.

У кукурудзяній каші (в контролі) клітковини не виявлено, тоді як додавання кріопорошків сприяє забезпеченню добової потреби в клітковині на 4—9%.

Слід зазначити, що в розробленій рецептурі вміст вітаміну С суттєво зріс. Про це свідчить показник покриття добової потреби в аскорбіновій кислоті, який збільшився у 3,5—5,4 раза. Також спостерігається збільшення вмісту тіаміну та нікотинової кислоти, але при цьому зменшується кількість рибофлавіну на 43%. Серед мінеральних речовин істотні зміни спостерігають за вмістом калію. Покриття добової потреби зменшилося у 2—3,6 раза.

Оцінка відповідності розроблених рецептур вимогам нутриціології за вмістом основних складових представлена на рис. 3, 4. Як контроль представлено оптимальне співвідношення основних компонентів згідно з вимогами нутриціології, а також для порівняння представлено як контроль рисову кашу на основі коров'ячого молока без внесення кріопорошків.

Встановлено, що рисова каша на основі коров'ячого молока без внесення кріопорошків (контроль) не відповідає вимогам нутриціології, оскільки не зберігається співвідношення у кількості вуглеводів. За рахунок заміни сухого коров'ячого молока на молоко сухе овече, яке містить лактози вдвічі менше, розроблена рецептура рисової каші має оптимальний склад.

Під час дослідження складу кукурудзяної каші встановлено, що в контролі оптимальне співвідношення Б:Ж:В не зберігається. Значне порушення спостерігається за вмістом вуглеводів, кількість яких в 1,5 раза перевищує норму. Також дещо порушене співвідношення за вмістом жирів.

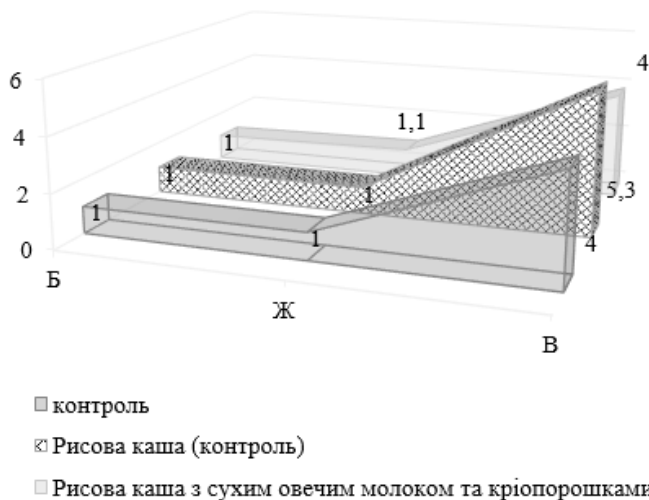


Рис. 3. Співвідношення білків, жирів, вуглеводів у сухій молочно-рисовій каші

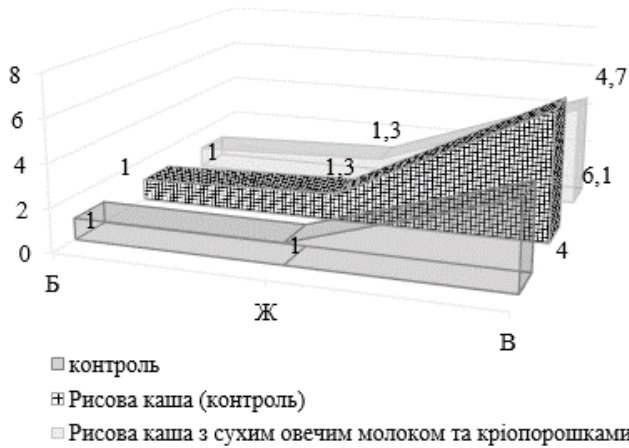


Рис. 4. Співвідношення білків, жирів, вуглеводів у сухій молочно-кукурудзяній каші

Внесення кріопорошків та сухого овечого молока до кукурудзяної каші сприяло деякій нормалізації співвідношення між основними компонентами їжі. Так, незначне порушення співвідношення жирів зберігається, проте спостерігається суттєве покращення за вмістом вуглеводів і наближення їх співвідношення до оптимального.

Висновок

Встановлено вплив кріопорошків і сухого овечого молока на реологічні властивості та хімічний склад рисової і кукурудзяної каш. З'ясовано, що рисова молочно каша характеризується в'язкістю на 15% вищою порівняно з кукурудзяною кашею.

Внесення кріопорошків і сухого овечого молока сприяє покращенню хімічного складу продукту. У кукурудзяній каші забезпечення добової потреби у лінолевій кислоті зросло на 7,9%, а у ліноленовій — на 56% при вживанні 100 г продукту. В рисовій каші покриття добової потреби в ліноленовій кислоті зросло втричі, у вітамінах С, В₁ та РР — у 1,5—3,7 раза, у клітковині — у 1,6—2,5 раза. У кукурудзяній каші вміст клітковини склав 4...9%, при повній відсутності її в контролі.

З'ясовано, що рецептури каш на основі коров'ячого молока без кріопорошків не відповідають вимогам нутриціології щодо співвідношення білків, жирів і вуглеводів. Включення до рецептури каш сухого овечого молока та кріопорошків сприяє наближенню цього співвідношення до оптимального.

Отже, рисова та кукурудзяна каші на основі сухого овечого молока з кріопорошками за хімічним складом відповідають вимогам нутриціології.

Література

Белінська К., Фалендиш Н. (2015). Перспективи використання овечого молока в дитячому харчуванні. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 21(4), 231—236.

Гачак Ю., Гутий Б., Беницька А., Дякун Т., Пристанський Р., Кінницька Л., Сельський В. (2017). Використання кріопорошку «Амарант» в технології молочних продуктів

лікувально-профілактичного спрямування. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*, 19(80), 57—62.

Гачак Ю., Михайлищка О., Гутий Б., Кузьо Л., Беляк В. (2019). Молочні продукти лікувально-профілактичного спрямування із новим кріопорошком. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*, 21(19), 110—117.

Гуськов К., & Мачихин Ю. (1970). *Реология пищевых масс*. Москва: Пищевая промышленность.

Дорохович А. (2016). Розробка технології зтяжного печива спеціального призначення з врахуванням вимог нутріціології для людей похилого віку. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*, 24(2), 90—99.

Касьянов Г., Косенко О., Запорожский А., Запорожская С., Белоусова С., Моранте О. (2020). Использование растительных криопорошков и CO₂-экстрактов для обогащения комбинированных продуктов питания. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 5—6, 38—42.

Пересічний М., Корзун В., Кравченко М., & Григоренко О. (2003). *Сучасний стан харчування, екології та здоров'я населення України. Харчування людини і сучасне довкілля: теорія і практика: Монографія*. Київ: КНТЕУ.

Can-Cauich C., Sauri-Duch E., Betancur-Ancona D., Chel-Guerrero L., Gonzalez-Aguilar G., Cuevas-Glory L., Perez-Pacheco E., Moo-Huchin V. (2017). Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 37, 501—506.

Drózdź P., Šežienė V., Pyrzynska K. (2017). Phytochemical Properties and Antioxidant Activities of Extracts from Wild Blueberries and Lingonberries. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(4), 360—364.

Ho H., Ishii T., Matsumiya K., Iwasa M., Matsumura Y. (2021). Utilization of dried Japanese apricot and avocado fruit powders as an emulsifying agent: The importance of the powder-dispersed phase in emulsification. *Journal of Food Engineering*, 294, 110411.

Kovtun A., Kovbasa V., Pichkur V. (2019). Research on the effect of non-transitional raw materials on the rheological indicators of the semi-finished products of formed potato chips. *Food and Environment Safety Journal*, 18(1), 52—59.

Mazur S., Nes A., Wold A., Remberg S., Aaby K. (2014). Quality and chemical composition of ten red raspberry (*Rubus idaeus* L.) genotypes during three harvest seasons. *Food Chemistry*, 160, 233—240.

Zhao Y. (2007). *Berry fruit: value-added products for health promotion*. Boca Raton: CRC Press.

INFLUENCE OF ARTICHOKE POWDER ON MICROBIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES IN THE DOUGH IN THE PROCESS OF MANUFACTURING BAKERY PRODUCTS

A. Shevchenko

National University of Food Technologies

Key words:

Bakery product
Fructose
Jerusalem artichoke
powder
Fermentation intensity
Sugar kinetics

Article history:

Received 19.03.2021
Received in revised form
02.04.2021
Accepted 16.04.2021

Corresponding author:

A. Shevchenko

E-mail:

nastyusha8@ukr.net

ABSTRACT

Nowadays, there is a significant shortage of dietary fiber in human nutrition. Dietary fiber performs an important function — the excretion of harmful substances. This deficiency is especially relates the diet of people with diabetes. However, for this disease, products in the diet should have a low glycemic index. This problem can be solved by enriching traditional products, in particular bakery products, with nutrients that, along with increasing the nutritional value of products, will reduce their glycemic index. Such product is Jerusalem artichoke, the main part of the dietary fiber of which is inulin. However, due to the different chemical composition of Jerusalem artichoke and wheat flour as the basis of bakery products, it can be predicted that this raw material will affect the course of the technological process of manufacturing bakery products and the quality of finished products. Therefore, it was advisable to study the effect of Jerusalem artichoke on the main processes in the dough — microbiological and biochemical.

In the manufacture of bakery products in the diet of patients with diabetes various sugar substitutes are used to replace sugar. The study of the complex effect of the sugar substitute fructose and Jerusalem artichoke in the form of powder on the microbiological and biochemical processes in the dough during the manufacture of bakery products was provided.

Jerusalem artichoke powder contains 4 times more dietary fiber than premium wheat flour, and 77% of it is inulin, which significantly increases the nutritional value of products with fructose.

The intensity of dough fermentation in terms of the amount of carbon dioxide released during fermentation increased by 9—39.7% with increasing dosage of the additive, which indicated an improvement in the nutrition of yeast and caused their increased fermentation activity.

It was found that the addition of Jerusalem artichoke powder in the dough stimulated the fermentation activity of the microflora, which increased the accumulation of sugars in the dough during its fermentation and their fermentation by the dough microflora by 3—3.5%.

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-2-20

ВПЛИВ ПОРОШКУ ТОПІНАМБУРУ НА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ТІСТІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

А. О. Шевченко

Національний університет харчових технологій

У наш час в харчуванні людей спостерігаються значний дефіцит харчових волокон. Харчові волокна виконують важливу функцію — виведення з організму шкідливих речовин. Особливо цей дефіцит стосується раціону осіб, хворих на цукровий діабет. Разом з тим при цій хворобі продукти в раціоні повинні мати низький показник глікемічності. Це питання можливо вирішити за рахунок збагачення основних продуктів харчування, зокрема хлібобулочних виробів, корисними речовинами, які поряд із підвищенням харчової цінності продуктів знижуватимуть їхній глікемічний індекс. Одним із таких продуктів є топінамбур, основну частину харчових волокон якого становить інулін. Однак, зважаючи на різний хімічний склад топінамбуру та борошна як основи хлібобулочних виробів, можна передбачити, що ця сировина впливатиме на хід технологічного процесу виготовлення хлібобулочних виробів та якість готових виробів. Тому доцільно провести дослідження впливу топінамбуру на основні процеси в тісті — мікробіологічні та біохімічні.

При виготовленні хлібобулочних виробів у харчуванні хворих на цукровий діабет для заміни цукру використовують різні цукрозамінники. У статті проведено дослідження комплексного впливу цукрозамінника фруктози та топінамбуру у вигляді порошку на мікробіологічні та біохімічні процеси в тісті в процесі виготовлення хлібобулочних виробів.

Порошок топінамбуру містить у 4 рази більше харчових волокон, ніж пшеничне борошно вищого сорту, причому 77% становить інулін, що значно підвищує харчову цінність виробів з фруктозою.

Інтенсивність бродіння тіста, зважаючи на кількість виділеного діоксиду вуглецю в процесі бродіння, підвищується на 9—39,7% зі збільшенням дозування добавки, що свідчить про покращення живлення дріжджів та зумовлює їх підвищену бродильну активність.

Встановлено, що додавання порошку топінамбуру у тісто стимулює бродильну активність мікрофлори, що зумовлює збільшення накопичення цукрів у тісті під час його ферментації та їх збродження мікрофлорою тіста на 3—3,5%.

Ключові слова: хлібобулочний виріб, фруктоза, порошок топінамбуру, інтенсивність бродіння, кінетика цукрів.

Formulation of the problem. Nowadays, there is a significant shortage of dietary fiber in human nutrition, which performs an important function — the excretion of harmful substances. This deficiency is especially takes part in the diet of people with

diabetes. In this case, products in the diet should have a low glycemic index. This problem can be solved by enriching traditional products, in particular bakery products, with nutrients that, along with increasing the nutritional value of products, will reduce their glycemic index. Such product is Jerusalem artichoke, which is based on inulin. However, it can be predicted that such raw material will affect the technological process of manufacturing bakery products. Therefore, it is advisable to study the action of Jerusalem artichoke on the main processes in the dough — microbiological and biochemical.

Analysis of recent research and publications. Jerusalem artichoke is a valuable raw material that contains up to 87% of inulin polysaccharide by weight of dry matter. Substances such as the enzymes β -fructofuranosidase, polyphenol oxidase (Lattanzio, Kroonb, Linsalata & Cardinali, 2009), and mannose-specific lectin (Cardinali *et al*, 2011) are also available in it. It also contains vitamins, organic acids and dietary fiber. Inulin is easily broken down into fructose, the absorption of which requires less insulin than the absorption of glucose (Lattanzio, Caretto, Linsalata, Colella & Mita, 2018). Jerusalem artichoke has no local and general toxic and allergic effects (Barta & Pátkai, 2007).

Serbian scientists conducted studies on the effect of Jerusalem artichoke powder on the quality of wheat bread to obtain product of high nutritional value with a low glycemic index. There was an intensification of the technological process due to increased gas formation and intensification of other processes with its addition and high quality of finished products (Radovanovic, Milovanovic, Kipic, Ninkovic & Cupar, 2014).

The effect of Jerusalem artichoke on ozonated wheat flour products was studied. In the study of non-ozonated flour, along with increasing the biological value of bakery products, the additive significantly reduced the strength of flour and impaired the structural and mechanical quality of bread. The technology of bakery products with the use of Jerusalem artichoke powder and puree was substantiated. The combined use of ozonated flour and Jerusalem artichoke additives allowed to intensify the fermentation process of the dough, to improve the organoleptic quality of the products (taste and aroma), as well as to improve some structural and mechanical properties of bread (Кафонова, Холодова, Голота & Шуліка, 2012).

However, given the products for diabetics, in the recipe of which sugar is replaced by sugar substitutes, there is insufficient data on the effect of Jerusalem artichoke on the processes occurring in the dough during the production of bread.

That's why **the purpose of the research** was the research of complex influence of fructose and artichoke powder on microbiological and biochemical processes in the dough during manufacturing bakery products.

Materials and methods. Samples with high quality wheat flour, yeast, salt, and fructose were prepared for research. Fructose was dosed in an amount of 5% by weight of flour. As added ingredient there was artichoke powder (sort "Interes" TM "Malva", Ukraine, 3.5%, 5.3% and 7.0% by weight of flour — the amount which provides 20, 30, 40% of the daily requirement of food fiber when consuming 277 g of bread). A product without artichoke powder was used as a control sample.

Microbiological processes in the dough were determined by dynamics of gas formation and gas-holding capacity. Biochemical processes in the dough were determined by the kinetics of sugars during maturation of the dough.

The kinetics of sugar accumulation was determined by the accelerated iodometric method without hydrolysis in terms of maltose. Its content was established in yeast and non-yeast dough after mixing and after 1.5 and 3 hours of fermentation.

Gas-holding capacity was determined using equipment AG-1. The content of released CO₂ from the dough was evaluated every 30 min during 5 hours of fermentation.

The statistical processing of the result values was performed using the Microsoft Excel XP and Origin Pro8 software.

Results and discussion. When adding additives to the product, the determining factors of their influence on the technological process were their chemical composition. Therefore, first of all it was necessary to determine the chemical composition of the studied Jerusalem artichoke powder (Table 1).

Table 1. Chemical composition of Jerusalem artichoke powder and premium wheat flour

Components	Premium wheat flour	Jerusalem artichoke powder
Mass fraction of moisture, %	14.3	4.5
Mass fraction of protein (in dry matter), %	10.3	7.0
Mass fraction of fat, %	1.1	0.7
The content of dietary fiber, %	2.6	10.2

Comparing the chemical composition of Jerusalem artichoke powder and wheat flour, it can be concluded that the content of dietary fiber in the additive was much higher, which allowed to predict not only a significant impact on the process, but also increase the nutritional value of finished products, especially considering that most (77%) of dietary fiber was inulin.

The fermentation intensity of the dough was determined by the amount of carbon dioxide released during the maturation of the dough and keeping of the dough pieces (Table 2).

Table 2. The amount of carbon dioxide released during fermentation and aging

Sample	The amount of released CO ₂ , cm ³ /100 g of flour
Control sample	1192
With artichoke powder, 3.5% by weight of flour	1312
With artichoke powder, 5.3% by weight of flour	1337
With artichoke powder, 7.0% by weight of flour	1564

It was found that with increasing dosage of Jerusalem artichoke powder the introduction of sugars and other water-soluble substances increased which were a nutrient medium for yeast, resulting in increasing the intensity of dough fermentation by 9—39.7%, which improved yeast nutrition and caused their increased fermentation activity.

Improving the fermentation activity of yeast affected the dynamics of carbon dioxide evolution during the fermentation of the dough and keeping of the dough pieces (Fig. 1).

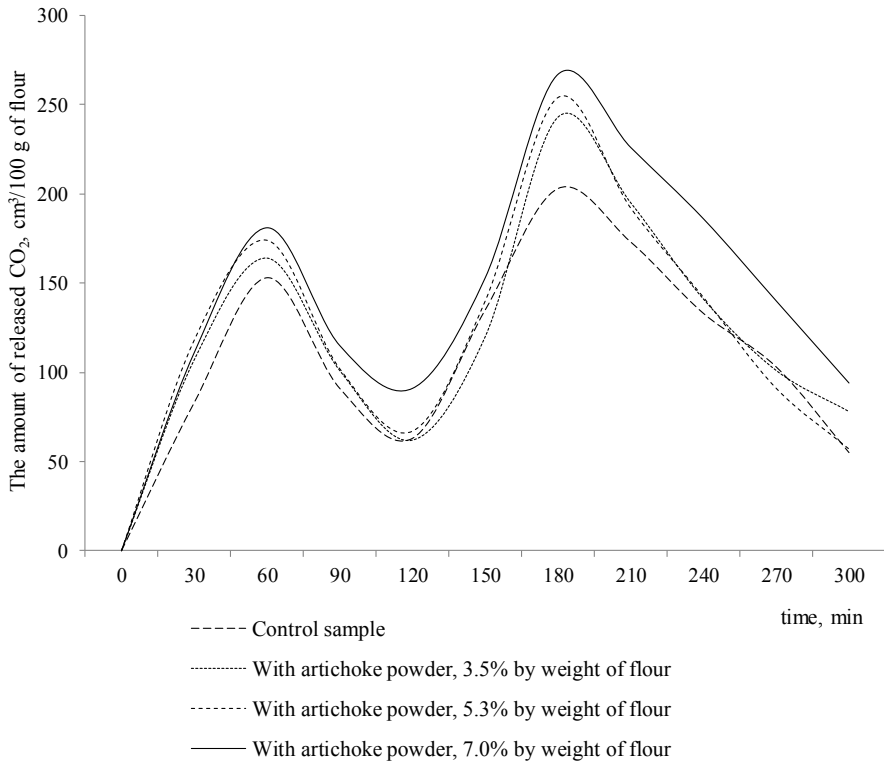


Fig. 1. Dynamics of carbon dioxide release in samples with Jerusalem artichoke powder, cm³/h per 100 g of flour

The accumulation and fermentation of sugars in the dough is due to the activity of flour and yeast enzymes (Table 3).

Table 3. Kinetics of sugars during fermentation of the dough

Indicators	Control sample	Added artichoke powder, % by weight of flour		
		3.5	5.3	7.0
Yeast-free dough				
After mixing	7.30±0.1	8.10±0.1	8.30±0.1	8.60±0.1
After 3 hours of fermentation	9.40±0.1	10.27±0.1	10.68±0.1	11.22±0.1
Accumulated sugars	2.10±0.1	2.17±0.1	2.38±0.1	2.62±0.1
Yeast dough				
After mixing	7.60±0.1	8.20±0.1	8.40±0.1	8.66±0.1
After 3 hours of fermentation	6.30±0.1	6.94±0.1	7.04±0.1	7.39±0.1
Fermented sugars	3.40±0.1	3.43±0.1	3.74±0.1	3.89±0.1

The obtained data indicated that in the presence of powder the process of amylolysis was more intense than in the control sample. After 3 h of fermentation of the dough with additives, the accumulation of sugars was greater by 3.0—3.5%, which indicated

a positive effect on the enzyme complex of yeast and caused an increase in sugar-forming ability due to depolymerization of carbohydrate additives.

Conclusions

Jerusalem artichoke powder contains 4 times more dietary fiber than premium wheat flour, and 77% of it is inulin, which significantly increases the nutritional value of products with fructose.

It was established that the addition of artichoke powder to the dough stimulated the intensification of microbiological and biochemical processes in it during manufacturing bakery products.

The intensity of dough fermentation in terms of the amount of carbon dioxide released during fermentation increased by 9—39.7% with increasing dosage of the additive, which indicated an improvement in the nutrition of yeast and caused their increased fermentation activity.

Fermentation activity of the yeast microflora caused an increase in the accumulation and fermentation of sugars in the dough during its fermentation by 3—3.5%.

References

- Сафонова О. М., Холодова О. А., Голота В. І. & Шуліка О.Ю. (2012). *Озонування борошна: Монографія*. Харків: ХДУХТ.
- Barta J., Pátkai G. (2007). Chemical Composition and Storability of Jerusalem Artichoke Tubers, *Acta Alimentaria*, 36(2), 257—267.
- Cardinali A., Tursi N., Ligorio A., Giuffrida M. G., Napolitano L., Caliandro R., Sergio L., Venere D. D., Lattanzio V., Sonnante G. (2011). Purification, biochemical characterization and cloning of a new cationic peroxidase isoenzyme from artichoke, *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(4), 395—403.
- Lattanzio V., Kroonb P. A., Linsalata V., Cardinali A. (2009). Globe artichoke: A functional food and source of nutraceutical ingredients, *Journal of Functional Foods*, 1(2), 131—144.
- Lattanzio V., Caretto S., Linsalata V., Colella G., Mita G. (2018). Signal transduction in artichoke [*Cynara cardunculus L. subsp. scolymus (L.) Hayek*] callus and cell suspension cultures under nutritional stress, *Plant Physiology and Biochemistry*, 127, 97—103.
- Radovanovic A. M., Milovanovic O. Z., Kipic M. Z., Ninkovic M. B., Cupar S. M. (2014). Characterization of Bread Enriched with Jerusalem Artichoke Powder Content, *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(12), 895—898.

**STUDY OF THE INFLUENCE OF SPICES
ON THE DEGREE OF USE OF PROTEIN
IN THE TECHNOLOGY OF SOFT CHEESE
FROM GOAT'S MILK**

I. Korolchuk, N. Yushchenko, O. Kochubey-Litvinenko, U. Kuzmyk
National University of Food Technologies

Key words:

*Goat's milk
Soft cheese made from
goat's milk
Fenugreek
Turmeric*

Article history:

Received 10.03.2021
Received in revised form
24.03.2021
Accepted 07.04.2021

Corresponding author:

I. Korolchuk
E-mail:
irakorolchuk17
@gmail.com

ABSTRACT

The effect of spices — fenugreek in the amount of 1.0% and turmeric in the amount of 0.2% on the technological properties of goat's milk in the technology of soft cheeses was studied.

It was determined that the introduction of these spices in the normalized mixture before heat treatment provided a reduction in protein losses in whey by an average of 0.3%. A more significant effect was found with the introduction of fenugreek: the loss of protein in whey using a 1.2% mixture of fenugreek and turmeric (in a ratio of 4:1) was 0.7%, while in the sample with the addition of only fenugreek (1.2%) — 0.8%. This effect was due to the presence in the composition of the hay galactomannans, which during heat treatment of milk formed a branched spatial structure and were included in the milk-protein clot.

It was found that the use of a normalized mixture of spices increased the yield of cheese by an average of 3—6%, which was associated with a decrease in dry matter loss during clot processing and hydration properties of macromolecular spice compounds, in particular galactomannans. This was confirmed by the increased moisture content of soft cheese with spices compared to control samples (on average by 4—5%). Thus, the use of spices will reduce the duration of the process of self-pressing of cheeses with the achievement of the normative moisture content of the product.

Certainly, the introduction of spices can slightly increase the biological value of soft cheese based on goat's milk due to the essential amino acids of whey proteins.

The prospects of using spices as functional and technological ingredients in the production of soft cheeses based on goat's milk, will improve the technological properties of raw materials, streamline technological parameters of production and obtain products of stable quality with various flavoring properties.

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ПРЯНОЦІВ НА СТУПІНЬ ВИКОРИСТАННЯ БІЛКА В ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯКИХ СИРІВ З КОЗИНОГО МОЛОКА

І. М. Корольчук, Н. М. Ющенко, О. В. Кочубей-Литвиненко, У. Г. Кузьмик
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив пряноців — гуньби сінної в кількості 1,0% та куркуми у кількості 0,2% на технологічні властивості козиного молока в технології сирів м'яких.

Визначено, що введення зазначених пряноців у нормалізовану суміш до теплового оброблення забезпечує зменшення втрат білка в молочну сироватку в середньому на 0,3%. Більш відчутний вплив виявлений при введенні гуньби сінної: втрати білка в молочну сироватку при використанні 1,2% суміші гуньби сінної та куркуми (у співвідношенні 4:1) становили 0,7%, тоді як у зразку із додаванням 1,2% лише гуньби сінної — 0,8%. Такий ефект пояснюється наявністю в складі гуньби сінної галактомананів, які при тепловому обробленні молока утворюють розгалужену просторову структуру та включаються до молочного білкового згустка.

Встановлено, що використання в складі нормалізованої суміші пряноців підвищує вихід сиру у середньому на 3—6%, що пов'язано як із зменшенням втрат сухих речовин під час оброблення згустка, так і з гідратаційними властивостями високомолекулярних сполук пряноців, зокрема галактомананів. Підтвердженням цього є підвищений вміст води сиру м'якого з пряноцями порівняно з контрольними зразками (у середньому на 4—5%), тобто використання пряноців скорочує тривалість процесу самопресування сирів із досягненням нормативного вмісту води продукту.

Визначено, що введення пряноців децю підвищує біологічну цінність білка сиру м'якого на основі козиного молока за рахунок незамінних амінокислот сироваткових білків.

Доведено перспективність використання пряноців як функціонально-технологічних інгредієнтів при виробництві сирів м'яких на основі козиного молока, що дасть змогу покращити технологічні властивості сировини, раціоналізувати технологічні параметри виробництва й отримувати продукти стабільної якості із різноманітними смако-ароматичними властивостями.

Ключові слова: молоко козине, сир м'який з козиного молока, гуньба сінна, куркума.

Постановка проблеми. На сьогодні переважна більшість сирів виробляється з коров'ячого молока, у невеликій кількості використовується також козине й овече молоко. Обмеження у використанні козиного молока пояснюються більш високою вартістю сировини, специфічними смаковими якостями й технологічними властивостями. Особливості фракційного складу, менші розміри міцел казеїну та більш низький рівень кислотності козиного молока може спричинити підвищені втрати молочного білка під час оброблення та зумовлювати отримання

продукту більш м'якої консистенції, у результаті чого головка сиру втрачає форму.

Тому одним із напрямів удосконалення технології м'яких сирів на основі козиного молока є пошук інгредієнтів для покращення його технологічних властивостей, зокрема розробка технологій комбінованих продуктів із залученням рослинних компонентів — прянощів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тенденція здорового способу життя та здорового харчування стає все більш популярною, торговельні мережі розширюють і постійно оновлюють асортимент дієтичних, натуральних та біологічно повноцінних продуктів.

Однією з основних складових якості харчових продуктів є біологічна цінність — показник якості білка, який відображає відповідність амінокислотного складу харчового продукту потребам організму в амінокислотах для синтезу білка.

Білки виконують безліч життєво важливих функцій в організмі людини: беруть участь у відтворенні клітин, утворенні ферментів, виробленні антитіл і гормонів, транспортуванні вітамінів, мінеральних солей, формують сполуки, що забезпечують захисні функції. Це головний «будівельний матеріал», що забезпечує зростання, розмноження і повноцінний розвиток організму, а також роботу нервової системи (Гришина, 2011).

Джерелами білків для людини є харчові продукти тваринного і рослинного походження. У природі не існує такого білка, склад якого збігався б із складом білка людського організму, тому в щоденному раціоні харчування повинні бути білки як рослинного, так і тваринного походження. (Выдрина, Губер, Косолапова & Переходова, 2014).

Одним із джерел повноцінного легкозасвоюваного білка є білкові молочні продукти, зокрема м'які сири. Встановлено, що основний білок молока — казеїн, максимально гідролізується в нативному стані та має низку специфічних властивостей, тому він суттєво відрізняється від звичайних глобулярних білків. Не менш важливою є роль сироваткових білків, яку пов'язують із формуванням захисних функцій організму та антимікробними властивостями. (McGregor & Poppitt, 2011).

Поєднання рослинної й тваринної сировини дасть змогу раціонально використовувати молочну сировину, (Горлов, Гарьянова, Короткова & Храмова, 2015; Goot, Yushchenko & Kuzmyk, 2018), а створення комбінованих білкових молочних продуктів, до яких належать м'які сири, має ряд перспектив.

По-перше, підвищення харчової та біологічної цінності шляхом включення до складу немолочної сировини підсилює позитивну дію білків, активуючи функціональні та профілактичні властивості продуктів.

По-друге, включення до складу рослинних компонентів дає змогу коригувати технологічні властивості молока-сировини, покращувати органолептичні властивості продукту та розширювати асортимент продукції здорового харчування.

Одним із перспективних видів рослинної сировини для м'яких сирів є прянощі, що містять у своєму складі ряд фізіологічно активних компонентів, здатних виконувати технологічні функції (Frolova, Yushchenko, Korolchuk & Korablova, 2019).

Серед них — гуньба сінна та куркума ароматна. Насіння пажитника (*Trigonella foenum-graecum L.*) містять комплекс біологічно активних речовин: стероїдні сапоніни, полісахариди, флавоноїди, ефірну олію, каротиноїди і алкалоїди. В насінні даної культури міститься 45—60% вуглеводів (в основному, галактоманнани), 6—10% жирів, 20—30% білків (багаті на метіонін, аргінін, аланіном, гліцином), 5—6% стероїдних сапонінів, 2—3% алкалоїдів, 4-гідроксізолейцин, а також вітаміни А, С, В, Р, каротин, мінеральні речовини тощо (Chan, Lim, Wong, Lim, Tan, Lianto & Yong, 2009).

Куркума (*Curcuma longa L.*) містить рослинні білки (17,7%), в їх складі незамінні амінокислоти: валін, лейцин, лізин, треонін. До складу прянощі входить харчові волокна, крохмаль, у невеликій кількості моно- і дисахариди. До складу жиру куркуми входять ненасичені лінолева і ліноленова жирні кислоти. Куркума містить вітаміни (В₁, В₂, В₆, В₉, С, Е, К, РР), життєво важливі мікроелементами (J, Se, Mn, Cu, Zn) (Самченко, Чижикова, Коршенко & Таршина, 2009).

Найбільший інтерес до культури *Curcuma longa L.* обумовлений наявністю в ній біологічно активних речовин, що містяться, перш за все, в ефірній олії прянощі (Uchegbu, Ngozi-Olehi & Ogbunike, 2014).

Мета дослідження: обґрунтувати доцільність застосування прянощів у технології м'яких сирів на основі козиного молока, визначити амінокислотний склад зразків, дослідити вплив внесених прянощів на біологічну цінність м'яких сирів.

Дослідження здійснені в межах держбюджетної науково-дослідної роботи «Наукове обґрунтування ресурсоефективних технологій харчових продуктів, збагачених поліфункціональними інгредієнтами», номер держреєстрації 0120U102556.

Матеріали і методи. Як об'єкт дослідження було обрано модельні зразки м'якого сиру з коров'ячого молока, м'якого сиру з козиного молока, м'якого сиру з козиного молока з включенням у склад гуньби сінної (0,8%) та куркуми (0,2%). М'який сир був виготовлений кислотно-сичужним способом зсідання молока.

Прянощі вносили в сухому меленому вигляді до нормалізованої суміші, модельні зразки піддавали пастеризації за температури 76°C, витриманням протягом 20—25 с та фільтрували перед заквашуванням.

Як закваску використано ліофілізовані бактеріальні препарати прямого внесення на чистих культурах молочнокислих мікроорганізмів (*Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Streptococcus thermophilus*) та пробіотичні культури *Str. Hansen* (*lactobacillus paracasei*, *lactobacillus rhamnosus*).

Для стабілізації іонів кальцію після пастеризації молока в молочну суміш, після внесення закваски, було додано у вигляді 40% розчину CaCl₂, (з розрахунку 20 кг на 100 кг молочної суміші).

Зсідання молока здійснювалося за температури 34—36°C під дією розчину хімозину, виготовленого ферментацією рослинного субстрату СНУ-МАХ (*Str. Hansen*).

Тривалість обробки згустку — 30±5 (хв), формування — у круглих формах по 0,6 л, тривалість самопресування — 60 хв із перевертанням головки кожні 20 хв.

Визначення масової частки вологи сиру м'якого здійснювали відповідно до ДСТУ 8552:2015, масову частку білка молочної сироватки — згідно з ДСТУ ISO 8968-2:2005.

Визначення амінокислотного складу проводились за допомогою автоматичного аналізатора амінокислот Т 339, (Чехія). Принцип роботи аналізатора полягає

в тому, що елюент із ємності за допомогою насоса, що дозує, проганяється через хроматографічну колонку. Площа піків на хроматограмі підраховується і порівнюється з площею піків амінокислот з відомою концентрацією. З порівняння цих площ робиться обчислення абсолютної кількості амінокислоти в аналізованому зразку.

На хроматограмі розраховують площу піків кожної амінокислоти (або висоту піків). Кількість мікромолей кожної амінокислоти (X_1) у досліджуваному модульному зразку обчислюють за формулою (1):

$$X_1 = \frac{S_1}{S_0}, \quad (1)$$

де S_1 — площа піку (або висота) амінокислоти в досліджуваному зразку; S_2 — площа піка (або висота) цієї ж амінокислоти в розчині стандартної суміші амінокислот, що відповідає 1 мікромолю кількості кожної амінокислоти.

Для виділення амінокислот застосовується метод гідролізу хлористоводневою (соляною) кислотою (Сорочан & Штеменко, 2005), (Симонян, Саламатов, Покровская & Аванесян, 2012).

Біологічна цінність білків модельних зразків м'якого сиру обумовлюється вмістом і складом незамінних амінокислот, яку визначають шляхом порівняння амінокислотного складу досліджуваного білка за довідковою шкалою амінокислот гіпотетичного «ідеального» білка. Цей методичний прийом має назву амінокислотного скору. Амінокислотний скор — показник біологічної цінності білка, що являє собою відсоткове відношення частки певної незамінної амінокислоти загального вмісту амінокислот у досліджуваному білку до стандартного (рекомендованого) значення (Dubinina S. Lehnert O. & Khomenko, 2014).

Існує кілька способів розрахунку амінокислотного скору, найбільш простим є відношення кількості кожної незамінної амінокислоти в випробуваному білку до кількості цієї ж амінокислоти в гіпотетичному «ідеальному» білку, повністю збалансованим за амінокислотним складом. Організація ФАО/ВООЗ запропонувала стандартну амінокислотну шкалу, за якою порівнюють склад досліджуваного білка (Пасічний, 2008). Розрахунок амінокислотного скору кожної незамінної амінокислоти було розраховано за формулою (2):

$$C_j = \frac{AK_i}{AK_{i \text{ етал}}} \cdot 100, \quad (2)$$

де C_j амінокислотний СКОР i -ї незамінної амінокислоти білка, %; AK_i — вміст незамінної амінокислоти білка модельних зразків м'якого сиру, мг/1 г білка; $AK_{i \text{ етал}}$ — вміст незамінної амінокислоти в еталонному білку, мг/1 г еталонного білка.

Коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору (КРАС) показує середню величину надлишку амінокислотного скору незамінних амінокислот порівняно з найменшим рівнем скору будь-якої незамінної амінокислоти (надлишкова кількість незамінних амінокислот, що не використовується на пластичні потреби) (Пасічний, 2003). КРАС розраховується за формулою (3):

$$\text{КРАС} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta \text{ПАС}}{n}, \quad (3)$$

де n — кількість незамінних амінокислот; ΔPAC — розбіжність амінокислотного скору амінокислоти, яка розраховується за формулою (4):

$$\Delta PAC = C_i - C_{min}, \quad (4)$$

де C_i — надлишок скору i -ї незамінної амінокислоти, %; C_{min} — мінімальний із скорів незамінної амінокислоти досліджуваного білка щодо еталону, %.

Величина біологічної цінності визначається за формулою (Маєвська, 2015):

$$БЦ = 100 - КРАС. \quad (5)$$

Викладення основних результатів дослідження. Встановлено, що введення до складу нормалізованої суміші на основі козиного молока прянощів — гуньби сінної у кількості 0,8% та куркуми у кількості 0,2% сприяє інтенсифікації відділення сироватки під час обробляння сирного згустка в середньому на 8—10%.

Досліджено вміст білка молочної сироватки за різних кількостей введення вказаних прянощів. Результати досліджень, наведені на рис. 1, свідчать, що зі збільшенням кількості доданих прянощів масова частка білка в сироватці зменшується. При оброблянні сирного згустка виділяється прозора сироватка жовтуватозеленого кольору, для зразків із прянощами відтінок обумовлений внесенням прянощів.

Причому більш відчутний вплив виявлений при введенні гуньби сінної: втрати білка в молочну сироватку при використанні 1,2% суміші гуньби сінної та куркуми (у співвідношенні 4:1) становили 0,7%, тоді як у зразку із додаванням 1,2% лише гуньби сінної — 0,8%.

Отже, введення до складу нормалізованої суміші під час виробництва м'якого сиру на основі козиного молока суміші прянощів — гуньби сінної та куркуми у кількості 1,2% дає змогу зменшити втрати білка в молочну сироватку в середньому на 0,3%.

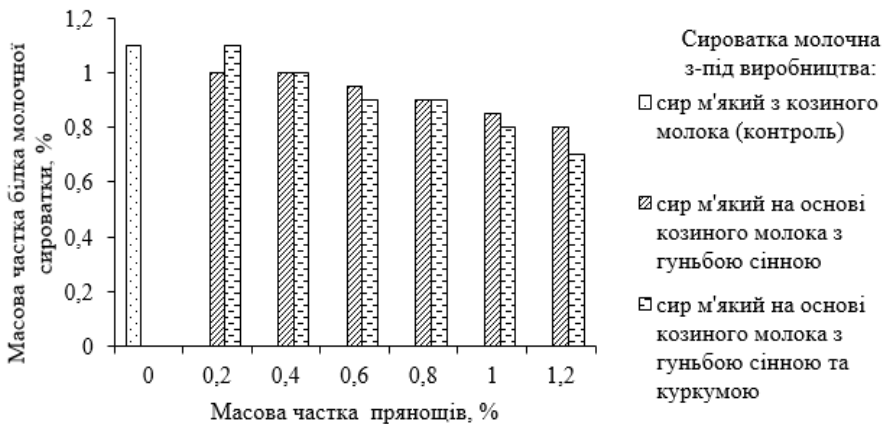


Рис. 1. Вплив виду та кількості прянощів на вміст білка сироватки під час виробництва сиру м'якого з козиного молока

Такий ефект, імовірно, пов'язаний із наявністю у складі гуньби сінної галактомананів, що при тепловому обробленні молока утворюють розгалужену просторову структуру та включаються до молочно-білкового згустку.

Встановлено, що використання в складі нормалізованої суміші прянощів підвищує вихід сиру в середньому на 3—6% за рахунок не тільки зменшення втрат

білка в молочну сироватку, а й підвищення вологоутримувальної здатності сирної маси. Тому наступним етапом стало дослідження впливу кількості доданих прянощів на масову частку води сирів. Встановлено, за однакової тривалості самопресування вміст води у зразках сирів з прянощами був більшим у середньому на 4—5% (рис. 2).

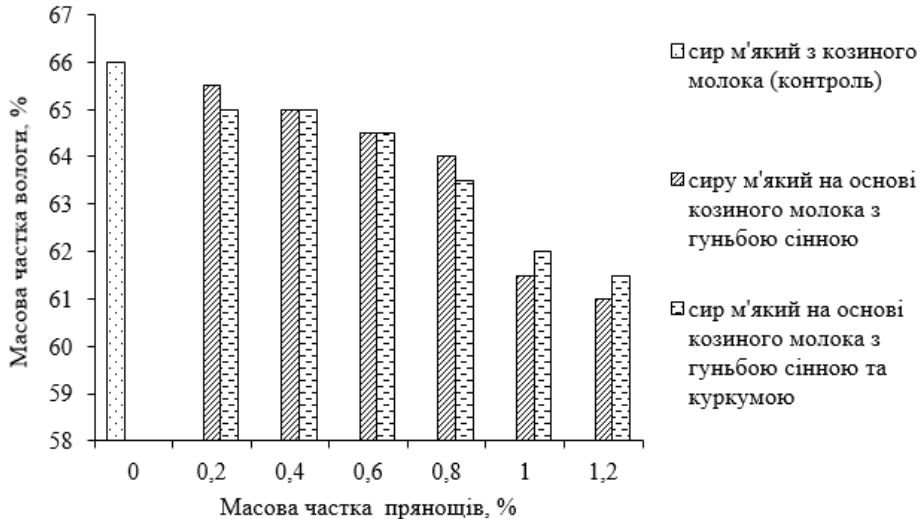


Рис. 2. Вплив виду та кількості прянощів на вміст води у сирі м'якому на основі козиного молока

Підвищення вмісту води, на думку авторів, пов'язано зі збільшенням гідратаційних властивостей білків молока та здатністю утворювати розвинену гідратну оболонку галактомананами. Консистенція сирів м'яких з прянощами була більш щільною, ніж для сиру на основі козиного молока, головка сирів не деформувалась після виймання з форми.

Визначено амінокислотний склад вироблених зразків м'яких сирів (табл. 1).

Таблиця 1. Амінокислотний склад дослідних зразків м'яких сирів на основі козиного молока з прянощами

Амінокислота	Сир м'який		
	з коров'ячого молока	з козиного молока	на основі козиного молока з прянощами
	Середній вміст у зразку, мг/1 г білка		
Гістидин	29,3	49,3	47,9
Аргінін	46,1	20,8	21,1
Аспарагінова кислота	75,1	62,4	61,2
Серин	55,8	56,8	55,3
Глютамінова кислота	208,5	169,4	172,3
Пролін	108,3	115,3	117,4
Гліцин	5,1	16,1	17,4
Аланін	29,2	67,8	67,1

Визначено, що сир м'який на основі козиного молока більш багатий на такі амінокислоти, як гістидин, аспарагінова кислота, серин, гліцин та аланін порівняно із сиром на основі коров'ячого молока. У той же час цей сир містить менше глютамінової кислоти та аргініну.

Встановлено, введення до складу нормалізованої суміші перед пастеризацією прянощів переважно дещо знижує вміст амінокислот, за винятком проліну та глютамінової кислоти.

Аналіз вмісту незамінних амінокислот показав, що в сирі м'якому з козиного молока вищий порівняно з коров'ячим вміст таких амінокислот, як треонін, валін, ізолейцин, фенілаланін і тирозин, що пояснюється хімічним складом та вищою біологічною цінністю козиного молока (табл. 2).

Таблиця 2. Амінокислотний склад сирів м'яких на основі коров'ячого, козиного молока та козиного молока з додаванням прянощів

Амінокислота	Еталонний білок за ФАО/ВООЗ, мг/г білка	М'який сир з коров'ячого молока			М'який сир з козиного молока			М'який сир з козиного молока з прянощами		
		Середній вміст у зразку, мг/г білка	Амінокислотний СКОР, %	ΔРАС	Середній вміст у зразку, мг/г білка	Амінокислотний СКОР, %	ΔРАС	Середній вміст у зразку, мг/г білка	Амінокислотний СКОР, %	ΔРАС
Лізин	55	77,4	141,3	78,3	71,6	130,2	56,4	65,9	119,8	43,8
Треонін	40,0	38,3	95,8	32,8	43,8	109,5	33,9	45,9	114,8	38,8
Валін	50,0	31,5	63,0	0	37,8	75,6	0	38,0	76,0	0
Метіонін+ цистеїн	35	53,5	152,9	89,9	45,8	130,9	55,3	45,6	130,3	54,3
Ізолейцин	40,0	35,9	89,8	26,8	57,8	144,5	68,9	56,9	139,8	77,4
Лейцин	70,0	93,8	134	71	77,8	111,1	35,5	77,5	110,7	34,7
Фенілаланін + тирозин	60,0	112,3	187,2	124,2	107,3	178,8	103,2	105,7	176,2	100,2
ΣΔРАС	—	—	—	423	—	—	353,2	—	—	349,2
КРАС	—	—	—	60,4	—	—	50,5	—	—	49,9
БЦ	—	—	—	39,6	—	—	49,5	—	—	50,1

На підставі розрахунку амінокислотного скору встановлено, що лімітуючою амінокислотою в усіх зразках є валін. Проте СКОР валіну в сирі на основі козиного молока вищий, ніж на основі коров'ячого (75,6% проти 63,0%), що пояснюється особливостями амінокислотного складу білка козиного молока, СКОР лімітуючої кислоти для сиру на основі козиного молока з прянощами становив 76,0%.

Отже, вищим показником біологічної цінності білка характеризувався сир на основі козиного молока з прянощами, що пояснюється частковим включенням сироваткових білків до структури молочно-білкового гелю під час зсідання молока.

Висновки

Визначено, що введення до складу нормалізованої суміші у виробництві м'яких сирів на основі козиного молока прянощів — гуньби сінної у кількості 1,0% та куркуми у кількості 0,2% покращує технологічні властивості молочної сировини.

Встановлено, що введення до складу нормалізованої суміші під час виробництва м'якого сиру на основі козиного молока суміші прянощів — гуньби сінної та куркуми у кількості 1,2% зменшує втрати білка у молочну сироватку в середньому на 0,3%.

Використання у складі нормалізованої суміші прянощів підвищує вихід сиру у середньому на 3—6% за рахунок зменшення втрат білка та підвищення вологостримуючої здатності сирної маси.

Встановлено, що біологічна цінність білка м'якого сиру на основі козиного молока з прянощами — гуньою сінною та куркумою є дещо вищою — 50,1% порівняно із м'яким сиром на основі козиного молока — 49,5%, що пояснюється частковим включенням до складу сирної маси біологічно цінних сироваткових білків.

Література

Выдрина Н. В., Губер Н. Б., Косолапова А. С., Переходова Е. А. (2014) Влияние потребительских предпочтений на технические характеристики продукта. *Молодой ученый*. 8, 150—153.

Горлов И. Ф., Гарьянова В. А., Короткова А. А., Храмова В. Н. (2015) Производство мягких сыров из козьего молока с использованием растительных ингредиентов. *Зоотехническая наука Беларуси*. 2, 162—170.

Гришина Е. О. (2011). Білки та їх роль в організмі, *Наукові записки КНТУ*, вип. 11, ч. III, Кіровоградський національний технічний університет, 237—239.

Маєвська Т. (2015). Амінокислотна збалансованість білків промитих рибних фаршів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 21(2), 197—202.

Пасічний В. (2008). Можливості підвищення технологічних характеристик білкових напівновачів. *М'ясний бізнес*. 11, 28—32.

Пасічний В. (2003). Критерії оцінки харчової цінності м'ясопродуктів. *М'ясний бізнес*. 8, 64—65 (in Ukrainian).

Самченко О. Н., Чижикова О. Г., Коршенко Л. О., Таршина Е. А. (2009). Новые аспекты применения пряностей семейства имбирных. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 36—37.

Симонян А. В., Саламатов А. А., Покровская Ю. С., Аванесян А. А. (2007). Использование нингидриновой реакции для количественного определения α -аминокислот в различных объектах. *Метод. рек.*, Волгоград, Изд-во ВолГМУ, 106.

Сорочан О. О., Штеменко Н. І., Волочай В. І. (2005) Методи аналізу амінокислот. Навч.-метод. посіб. Д.: ПВВ ДНУ, 60.

Chan E. W. C., Lim Y. Y., Wong S. K., Lim K. K., Tan S. P., Lianto F. S., Yong M. Y. (2009). Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*, 1, 166—172.

Dubinina A., Lehnert S., Khomenko O. (2014) Amino acid composition of protein and its biological value in seeds of peanut sorts widen in Ukrainian [Electronic resource]. *Journal of International Scientific Publications: Agriculture and Food*. 2, 501—510. Available at: /www/URL: <http://www.scientific-publications.net/ru/article/1000065/>.

Goots V., Yushchenko N., Kuzmyk U. (2018) Development of mathematic model of spiced sour-milk pastas quality. *Food and Environment Safety*. 2, 224—232.

Robin A., McGregor, Sally D., Poppitt. (2011) Milk protein for improved metabolic health: a review of the evidence / *Nutrition & Metabolism* December 2013, 10:46 for future research. *Adv Nutr.*, 2 (5), 396—407.

Uchegbu R. I., Ngozi-Olehi L. C., Ogbunike R. U. (2014). Essential Oils Composition of *Curcuma Longa Rhizoma* from Nigeria. *Amer. J of Chemistry and Applications*, 1, 99—102.

Frolova N., Yushchenko N., Korolchuk I., Korablova O. (2019). Prospects of using spices in technology soft-ripened goat cheese. *Agrobiodiversity*. Nitra. 212—223.

INFLUENCE OF BIOMODIFICATION ON CHANGE OF MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF COLLAGEN-CONTAINING FISH RAW MATERIALS

N. Dzyuba, M. Oliinyk, L. Telezhenko, S. Kolesnichenko
Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

Carp scales
Hydrolysis
Secondary fish raw materials
Morphological structure of scales
Collagen hydrolyzate

Article history:

Received 05.04.2021
Received in revised form 15.04.2021
Accepted 28.04.2021

Corresponding author:

M. Oliinyk
E-mail:
moleynik4@gmail.com

ABSTRACT

Production of fish products from processed raw materials is associated with the formation of waste, which is a valuable raw material for food, medical, technical and feed products. Rational and comprehensive processing of fish waste turns existing technology into waste-free, allows to expand the range of products, solves environmental problems and increases the economic efficiency of enterprises as a whole.

Deep processing of commercial fish is accompanied by the formation of secondary resources, the scope of which is quite wide, but not fully used.

Due to the raw material and economic availability of proteins of secondary fish raw materials that remain after the production of food from fish, large quantities of such materials accumulate in the production of fish scales, which is not used even for feed needs. This article presents changes in the morphological structure of collagen-containing raw materials, namely carp scales. The description of the structure and morphology of the surface of carp scales was given. Changes in the structure of scales and protein components depending on hydrolysis conditions were shown. The aim of the article was to study the influence of biomodification on the change of morphological structure of collagen-containing fish raw materials and the qualitative composition of the formed protein components.

During the alkaline hydrolysis of scale samples depending on the alkali concentration and the duration of the hydrolysis, significant changes were observed in the morphological structure of the scale samples. The calcium-phosphorus framework of the scales was partially destroyed and the protein conglomerates decreased in size.

The obtained data indicated that the selected type of hydrolysis showed changes in the morphological structure of the scales, which characterized the feasibility of its use for pretreatment of secondary fish raw materials in order to obtain an effective biologically active collagen additive.

ВПЛИВ БІОМОДИФІКАЦІЇ НА ЗМІНУ МОРФОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ КОЛАГЕНОВІСНОЇ РИБНОЇ СИРОВИНИ

Н. А. Дзюба, М. І. Олійник, Л. М. Тележенко, С. Л. Колесніченко

Одеська національна академія харчових технологій

Виробництво рибної продукції з обробленої сировини пов'язане з утворенням відходів, які є цінною сировиною для харчової, медичної, технічної та кормової продукції. Раціональна і комплексна переробка рибних відходів перетворює вже існуючу технологію в безвідхідну, дає змогу розширити асортимент продукції, що випускається, вирішує екологічні проблеми і підвищує економічну ефективність підприємств загалом.

Глибока переробка промислових риб супроводжується утворенням вторинних ресурсів, сфера застосування яких досить широка, однак сировина не використовується повною мірою, незважаючи на сировинну й економічну доступність білків вторинної рибної сировини.

У статті проаналізовано зміни морфологічної структури в колагеновісній сировині, зокрема в лусці коропа, описано структуру та морфологію поверхні луски коропа. Проаналізовано зміни в структурі луски та білкових складових залежно від умов гідролізу, досліджено вплив біомодифікації на зміну морфологічної структури колагеновісної рибної сировини та якісний склад утворених білкових складових.

При проведенні лужного гідролізу зразків луски залежно від концентрації лугу й тривалості проведення гідролізу спостерігалися значні зміни у морфологічній структурі зразків луски. Частково руйнувався кальцій-фосфорний каркас луски та зменшувались у розмірах білкові конгломерати.

Отримані дані свідчать про те, що за обраним видом гідролізу спостерігаються зміни у морфологічній структурі луски, що підтверджує доцільність її використання для попередньої обробки вторинної рибної сировини з метою отримання ефективної біологічно активної колагенової добавки.

Ключові слова: луска коропа, гідроліз, вторинна рибна сировина, морфологічна структура луски, гідролізат колагену.

Постановка проблеми. Сучасна світова біотехнологічна практика (Мезенова, 2017) зосереджена на виділенні з тканин вторинної рибної сировини (ВРС) цінних біологічно активних пептидів (БАП) — тканино-специфічних низькомолекулярних «осколків» білкових молекул.

Рибні відходи, такі як луска, є багатим джерелом білків (Manikkam, Mathai & Street, 2016; Вороб'єв, 2020). В основному луска використовується для виробництва рибного борошна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Луска відіграє дуже важливу роль у зовнішній будові риб. Лише деякі види не мають луски, як, наприклад, соми. Основна функція луски — захисна. Рибна луска за формою поділяється на три основні види: плакоїдна, ганоїдна і кісткова.

Плакоїдна луска, яка властива акулам і скатам, має широку основу у вигляді ромбічної пластинки і шип. Внутрішня порожнина забезпечена кровоносними судинами. В її основі тверда речовина — дентин. Ганоїдна луска має вигляд ромбічних твердих пластинок, які тісно з'єднуються одна з одною і покривають все тіло. Зовні вона складається з твердого ганоїда — емалеподібної речовини. Така луска характерна для панцирної щуки, осетрових (зберігається на хвості).

Кісткова луска характерна для всіх кісткових риб (Годжаев, Алиева & Надирова, 2015). Кісткові лусочки складаються з округлих тонких кісткових пластинок, які на задньому краї бувають гладкими, тоді їх називають циклоїдною лускою, а якщо із зазубринами, — ктеноїдною.

Циклоїдна луски риб має таку структуру (Дгебуадзе & Чернова, 2009): каудальне поле — вільне поле або вільний край (притаманне для кісткових риб із циклоїдною лускою); дорсальне поле — латеральне бічне верхнє поле; склерити (концентричні кісткові гребені) — гребнеподібне концентричне кісткове утворення на кістковій пластинці луски (склерити бувають безперервними та переривчастими).

Риби сімейства коропових мають циклоїдну форму луски, яка має вигляд тонкої гладкої пластинки овальної або округлої форми. Каудальне поле займає близько 50—70% поверхні (Шило, 2016). Центр (місце початку формування луски в онтогенезі) зміщений у каудальному напрямку або розташований посередині луски. Склерити розташовані паралельно до краю луски і повторюють її контури (Карасєва, Бутова & Старцев, 2018) по всій поверхні (спостерігається втрата лише на каудальному полі). Радіальні промені слабо розвинені або відсутні (прості луски).

У (Титов, Титова & Жигжитова, 2016) проводилось вивчення морфології луски окуня й щуки. Зі зразків шкур риби відбирали кілька лусочок і попередньо знежирювали в ацетоні. Дослідження луски риб проводили за допомогою растрового електронного мікроскопа (РЕМ) JEOL JSM 6510LV на базі ЦКП «Прогрес» ВСГУТУ при збільшенні у 500 раз. Луска окуня має ктеноїдну форму, луска щуки — циклоїдну форму.

З метою аналізу морфологічних особливостей ктеноїдної луски океанського окуня *S. marinus* (Stepnowski, lafsson, Helgason & Jastorff, 2004) проведено сканування за допомогою електронного мікроскопа, яке підтвердило, що поверхня лусок має характерні утворення зі склериту. З метою подальшого вивчення фізичних і хімічних властивостей порівняно сорбційні властивості середньо подрібненої і немеленої луски, а також попередньо промитої і необробленої луски.

Вплив концентрацій соляної кислоти (HCl) (1—5%) і часу попередньої обробки (4—20 год) на луску тилапії визначено у (Sockalingama, Idrisb & Abdullah, 2015). Аналіз за допомогою сканувальної електронної мікроскопії (SEM) луски проводився до і після попередньої обробки. SEM-зображення показують візерункові гребенів на лусці, який зникає при різних умовах оброблення соляною кислотою. Результати рентгенівської спектроскопії показують, що 3% HCl за 12 год обробки достатньо для демінералізації луски риби.

У праці (Sankar, Sekar, Mohan, Sundaraseelan & Sastry, 2008) луску гідролізували в кислих умовах, нейтралізували і перетворювали в колагеновий лист риб'ячої луски. Для дослідження використовували інфрачервону спектроскопію (ІК),

термогравіметричний аналіз (ТГА), сканувальну електронну мікроскопію (СЕМ). ІК-дослідження показало, що лист містить як органічну, так і неорганічну фази. Це підтверджує, що луска частково демінаралізована. Дослідження електронної мікроскопії показали, що лист луски пористий і має волокнисту природу.

Колаген, який потрапляє до організму людини з їжею, зокрема у вигляді желатину, практично не засвоюється, тому потрібна попередня переробка — сильний гідроліз (один із методів деструкції білків з розривом пептидних зв'язків молекул). Процес відбувається з приєднанням води і утворенням азотистих сполук.

Глибока переробка білкової сировини, що передбачає розщеплення білкових молекул до складових мономерів, є найбільш важливим процесом при виробництві біологічно активних речовин (Fariha, 2006). З огляду на це перспективним є гідроліз білкового сировини з метою виробництва білкових гідролізатів для отримання цінних біологічно активних сполук: поліпептидів і вільних амінокислот.

Найбільш застосовними для виділення низькомолекулярного колагену є методи хімічного (лужного, лужно-сольового, кислотного) і ферментного гідролізу. В останньому використовують протеолітичні ферментні препарати, а також комплексні добавки, що містять кілька ферментів.

У кожного виду гідролізу є свої переваги і недоліки. Так, у процесі жорсткого кислотного гідролізу відбувається значне спотворення білкових структурних одиниць. Майже повністю руйнується триптофан, частково серин, треонін, аспарагін, глутамін, піддаються руйнуванню і рацемізації (утворення стереоізомерів, що не засвоюються організмом), хоча і в меншій мірі, оксикислоти, дикарбонові кислоти і пролін. Концентрована кислота, яка використовується для проведення гідролізу, вимагає подальшої нейтралізації після закінчення процесу, що призводить до високого вмісту солей хлоридів і сульфатів, токсичних для організму. Такі гідролізати мають високий вміст золи за рахунок сполук азоту.

При кислотному гідролізі (Ребезов, Лукин, Наумова, Зинина & Пирожинский, 2011) як каталізатор використовують мінеральні або органічні кислоти: сірчану, соляну, шавлеву, лимонну тощо, які можуть потрапляти в кінцеві продукти. До того ж при виробництві необхідно застосовувати спеціальне кислотостійке обладнання.

Ферментативний гідроліз передбачає застосування протеолітичних комплексів або окремих ферментних препаратів, однак його застосування стримується кількома чинниками: ціною, доступністю, активністю ферментів щодо матеріалів, які розщеплюються у субстраті (тобто субстратною специфічністю, що безпосередньо впливає на ступінь деструкції білка, яка визначається бажаним ступенем розщеплення і залежить від сфери застосування отриманих білкових гідролізатів). Саме тому доцільним для ферментативної переробки рибної сировини є використання її власної поліферментної системи (Цибизова, Язенкова & Акімова, 2010), яка має широку субстратну специфічність, а отже, здатна забезпечити поліваріантність біохімічних процесів, які відбуваються.

Що стосується лужного гідролізу, то до його недоліків відносять руйнування амінокислот цистину, метіоніну і цистеїну, їх часткову рацемізацію.

Вибір способу гідролізу залежить від того, гідролізат якого хімічного складу необхідно отримати. Недоліком кислотних і лужних способів є значні екологічні навантаження на навколишнє середовище (Цибізова, Язенкова & Акімова, 2010) внаслідок забруднення промислових стоків відпрацьованими реактивами, а також висока шкідливість і небезпека для персоналу при роботі з концентрованими кислотами і лугами.

У працях (Мезенова, Волков, Хєлінг, Мерзель, Гримм & Мезенова, 2018; Байдалинова, 2018) наведені результати ензиматичного гідролізу білкових складових різних видів рибної сировини залежно від способу гідролізу (табл. 1).

Таблиця 1. Результати гідролізу білкових складових різних видів рибної сировини залежно від комбінованого способу гідролізу

Вид сировини	Доза ферменту алкалаза, % до маси сировини і води	Вміст у сировині, %		Амінний азот		Щільний залишок		
		загального азоту (N _{об})	протеїну (N _{об} · 6,25)	мг%	% від загального азоту сировини	% від маси суміші сировини і води	Вміст протеїну	
							%	% від змісту протеїну в сировині
Луска сардинели	0,25	3,63	20,15	205,3	5,65	31,1	15,39	47,2
Луска сардинели	0,125	3,63	20,15	163,5	41,5	30,4	20,16	62,2
Голови кільки гарячого копчення	0,25	2,89	18,10	230,9	7,99	40,0	13,6	59,3
Голови скумбрії	0,25	2,72	17,00	582,9	21,39	9,3	13,38	14,55

Обробка луски сардинели комбінованим способом (ферментоліз з алкалазою і подальший термоліз) при використанні дозування ферменту (0,25%) малоефективна. Зниження концентрації ферменту (до 0,125% проти 0,25%, табл. 1) різко знижує ступінь гідролізу білкових складових і супроводжується збільшенням маси білка в щільному залишку (Титов, Титова & Жигжитова, 2016; Цибізова, Язенкова & Акімова, 2010).

Ферментативно-термічний гідроліз забезпечує максимальний вихід протеїнів з природного каркасу (38,22—57,2% суха речовина), а термічний гідроліз — найбільший вихід осадової фракції, що містить водонерозчинні протеїни і мінеральні речовини (табл. 2).

Таблиця 2. Результати гідролізу білкових складових різних видів рибної сировини залежно від способу гідролізу

Вид гідролізу	Вихід протеїнової фракції	
	% від маси сировини	% від сухої речовини
Луска сардинели		
Термічний гідроліз	5,94	17,79
Ферментативний гідроліз	12,5	37,44
Ферментативно-термічний гідроліз	19,1	57,2
Сардинела (голови)		
Термічний гідроліз	10,6	28,33
Ферментативний гідроліз	12,2	32,61
Ферментативно-термічний гідроліз	14,3	38,22

Процеси ферментативного розщеплення білка під дією трьох видів ферментів, гідротермічного гідролізу луски, амінокислотний склад луски ляща і сардини розглянуто у (Мезенова, Байдалинова & Мезенова, 2014). Однак морфологічного дослідження зразків луски риб проведено не було.

Літературний огляд показує, що дослідники зосередилися на вивченні зміну будови луски як морфологічної ознаки, тому дослідження впливу біомодифікації на зміну морфологічної структури луски є актуальним.

Мета статті: дослідження впливу біомодифікації на зміну морфологічної структури колагеновмісної рибної сировини.

Матеріали і методи. Відбір і підготовку луски проводили таким чином: луску промивали, потім обробляли розчином луґу різної концентрації й тривалості проведення гідролізу. Гідроліз проводився окремо для кожного зразка.

Для дослідження зміни морфологічної структури з кожного зразка вибиралася луска з найбільш чіткою структурою і неушкодженою поверхнею.

Дослідження мікрорельєфу поверхні луски проводилось за допомогою поляризаційного мікроскопа МБС-10, мікрофотографії виконані за допомогою цифрової камери для мікроскопа MҀscope 320MCCD при збільшенні у 40 разів.

Основним способом отримання колагенового препарату (КП) є проведення гідролізу. Враховуючи жорсткі умови кислотного та дорожнечу ферментативного, було обрано лужний гідроліз. При гідролізі визначали зміни у структурі дорсального поля та склеритів.

Викладення основних результатів дослідження. Морфологія поверхні луски коропа представлена на рис. 1 (а, б, в). На лусці чітко виражені річні кільця — радіальні кільця (рис. 1, а). На рис. 2—3 зображені зміни у структурі луски залежно від концентрації луґу (NaOH) й тривалості проведення гідролізу у дорсальному (а) та в каудальному полях (б): 2, 4, 6, 7% та 12, 24 год відповідно.

З мікрофотографій (рис. 2—4) можна побачити значні зміни у структурі луски залежно від концентрації луґу при гідролізі впродовж 12 годин.

На рис. 2 при концентрації луґу 2% та при тривалості гідролізу 12 год при температурі 4°C помітні незначні зміни — невеликі тріщини в дорсальному та каудальному полях. При збільшенні концентрації луґу до 4% та 6% руйнування каркасу луски значно збільшується. Так, тріщини при використанні 6% розчину луґу стають майже втричі більшими за розміром, ніж при гідролізі 2% розчином луґу.

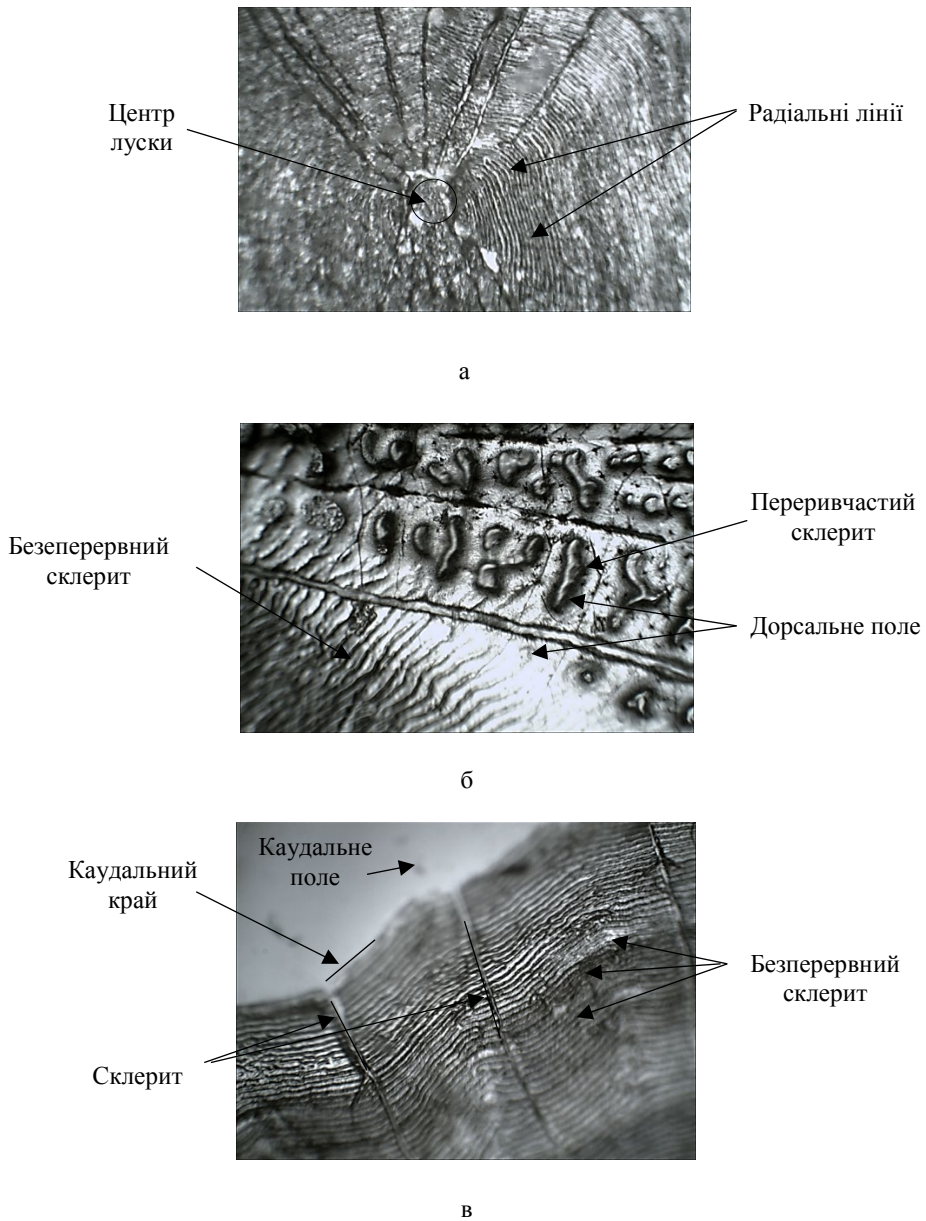
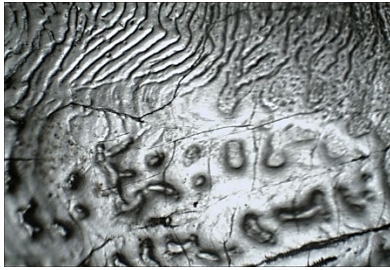
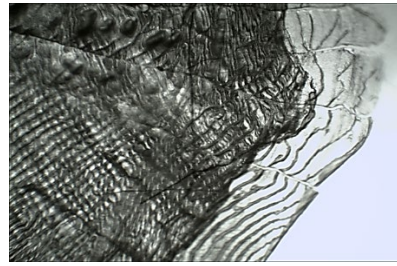


Рис. 1. Мікрофотографії структури луски:
а — центр луски, зображені радіальні лінії (фронтальні кластери), які виходять з центру;
б — дорсальне (безперервний і переривчастий склерити);
в — каудальне поле (каудальний край, склерит)



а

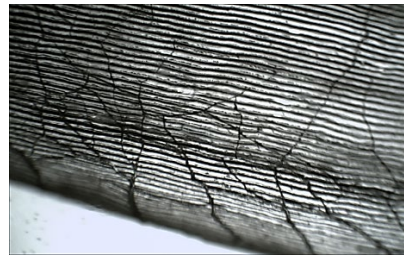


б

Рис. 2. Мікрофотографія луски після гідролізу протягом 12 год, концентрація лугу (NaOH) — 12% (а — дорсальне поле, б — каудальне поле)

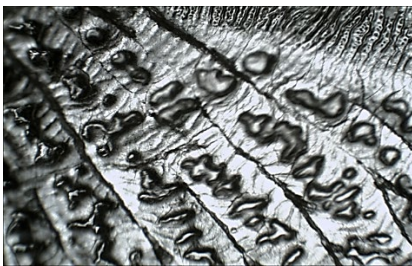


а

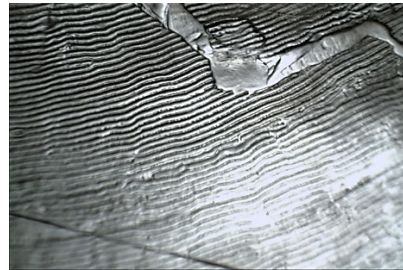


б

Рис. 3. Мікрофотографія луски після гідролізу протягом 12 год, концентрація лугу (NaOH) — 4% (а — дорсальне поле, б — каудальне поле)



а



б

Рис. 4. Мікрофотографія луски після гідролізу протягом 12 год, концентрація лугу (NaOH) — 6% (а — дорсальне поле, б — каудальне поле)

Розмір білкових конгломератів (колагену) незначно зменшується при використанні 2% розчину лугу порівняно з нативною лускою (середній діаметр зменшується до 0,9—1,1 раза). При збільшенні концентрації лугу значно руйнуються білкові конгломерати. Так, при використанні 4% розчину лугу середній діаметр конгломератів зменшується майже в 1,5 раза. При використанні 6% розчину

лугу — в 2,3 раза, також з'являється значна частина білкових конгломератів, розмір яких складає 0,7—1 мм.

Висновки

Отже, використання лужної біомодифікації є позитивним для проведення руйнування кальцій-фосфорного матриксу луски з подальшим його використанням у складі харчових продуктів як білкової добавки.

Література

Байдалинова Л. С. (2018). Оценка степени гидролиза белков вторичного рыбного сырья при ферментативной и гидротермической обработке. *Вестник науки и образования Северо-Запада России*, Т. 4, 2, 1—10.

Воробьев В. И. (2020). Использование рыбной чешуи в пищевых целях. *Научный журнал «Известия КГТУ»*, 57, 99—106.

Годжаев Э. М., Алиева Ш. В., Надирова Н. Б. (2015). Кости и чешуи рыбы их структура и диэлектрические свойства. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*, 11, часть V, 5—14.

Дгебуадзе Ю. Ю., Чернова О. Ф. (2009). Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. Москва: Товарищество науч. изд. КМК.

Карасёва А. Ю., Бутова В. А., Старцев А. В. (2018). Анализ морфотипов чешуи пиленгаса *Liza Naematocheilus* (Temmincktschlegel, 1845). *Молодой исследователь Дона*, 2(11), 137—141.

Мезенова Н. Ю. (2017). Разработка технологии биопродукта для спортивного питания с использованием биомодифицированного коллагенсодержащего рыбного сырья (Дис. канд. техн. наук). «Калининградский государственственный технический университет», Калининград.

Мезенова Н. Ю., Байдалинова Л. С., Мезенова О. Я. (2014). Активные пептиды рыбной чешуи в гейнерах для спортивного питания. *Вестник МАХ*, 2, 48—52.

Мезенова О. Я., Волков В. В., Хёлинг А., Мерзель Т., Гримм Т., Мезенова Н. Ю. (2018). Сравнительная оценка способов гидролиза при получении протеиновых продуктов из коллагенсодержащего рыбного сырья и оценка их качества. *Научный журнал «Известия КГТУ»*, 49, 126—144.

Ребезов М. Б., Лукин А. А., Наумова Н. Л., Зинина О. В., Пирожинский С. Г. (2011). Использование коллагенового гидролизата в технологии производства мясного хлеба. *Вестник ТГЭУ*, 3, 134—139.

Титов А. О., Титова И. И., Жигжитова С. Б. (2016). Изучение свойств кожевой ткани рыбных шкур в процессе минерального дубления. *Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование., XII Международная научно-проактическая конференция*, 402—409.

Цибизова М. Е., Язенкова Д. С., Акимова А. Ю. (2010). Ферментация костной ткани рыбного сырья как один из этапов получения структурообразователей. *Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство*, 2, 144—149.

Шило Е. И. (2016). Рост и развитие скелетной мускулатуры карповых рыб в постнатальном онтогенезе (Дис. канд. биол. наук). Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, Белгород.

Manikkam V., Mathai M. L., Street W. A. (2016). Biofunctional and physicochemical properties of fish scales collagen-derived protein powders. *International Food Re-search Journal*, № 23, 1614—1622.

Fariha H. (2006). Industrial applications of microbial lipases. *Enzyme and Microbial Technology*. No. 2, Vol. 39, 235—251.

Sankar S., Sekar S., Mohan R., Sunita R., Sundaraseelan J., Sastry T. P. (2008). Preparation and partial characterization of collagen sheet from fish (*Lates calcarifer*) scales. *International Journal of Biological Macromolecules*, Volume 42, Issue 1, January, 6—9.

Sockalingama K., Idrisb M. I., Abdullah H. Z. (2015). Effects of Pre-treatment Conditions on Black Tilapia Fish Scales for Gelatin Extraction. *Advanced Materials Research*, 1125, 276—280.

Stepnowski P., Lafsson G. O., Helgason H., Jastorff B. (2004). Preliminary study on chemical and physical principles of astaxanthin sorption to fish scales towards applicability in fisheries waste management. *Aquaculture*, 232, 293—303.

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 АРА.** 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. Індеси від скорочених українських слів друкуються прямим шрифтом малими літерами. В індексах, що складаються з двох скорочених слів, після першого скороченого слова ставиться крапка, після другого — крапка не ставиться. Цифри в індексах також друкуються прямим шрифтом. Індеси, позначені латинськими літерами, друкуються курсивом. У формулах літери латинського алфавіту набираються курсивом, грецького й українського — прямим шрифтом.

Хімічні формули набираються прямим шрифтом. Математичні символи, що входять до складу хімічних формул, — курсивом.

Формули вставляються безпосередньо в текст. Прості формули набираються з клавіатури, а складні — за допомогою редактора формул Microsoft Equation 3.0 object або Math Type 5,6. Інші версії редакторів формул є неприйнятними. Символи вставляються тільки через таблицю символів. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

11. Відомості про авторів статті повинні бути наведені за єдиним зразком у вказаному порядку: прізвище (прописними літерами), ім'я та ім'я по батькові (повністю); наукове звання; посада чи професія, місце роботи; телефон, E-mail.

12. Дата надходження статті до редакції (після тексту надрукованого матеріалу).

Використання автоматичного перекладу наукового тексту (статті, анотації, ключових слів) **не допускається**. Переклад має бути належної якості.

Відсутність будь-якого з пунктів переліку, зазначеного вище, рецензії, невідповідність вимогам до оформлення, наявність орфографічних, граматичних, стилістичних помилок, автоматичний переклад елементів матеріалу є підставою **для відмови** в прийнятті статті до друку.

Автор несе відповідальність за додержання вимог чинного законодавства при підготовці матеріалів, у тому числі норм авторського права і достовірність наведених фактичних даних (цитат, посилань, імен, назв тощо).

Адреса редакції:

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

Контактні телефони: міський — (044) 287-92-95, внутрішній — 92-95.

E-mail: npnuht@ukr.net

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