



2019

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 25 № 3

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

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2019

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

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

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

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

Editorial office address:

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

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 11 from 27th of June, 2019

© NUFT, 2019

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

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

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

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

Адреса редакції:

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

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 11 від 27 червня 2019 року

© НУХТ, 2019

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор
Editor-in-Chief

Анатолій Українець
Anatoliy Ukrainets

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

Заступник головного редактора
Deputy chief editor

Олександр Шевченко
Olexander Shevchenko

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

Відповідальний секретар
Accountable secretary

Юрій Пенчук
Yuriy Penchuk

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

Члени редакційної колегії:

Агота Гедре Райшене
Agota Giedre Raisiene

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

Атанаска Тенева
Atanaska Teneva

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

Анатолій Зайнчковський
Anatoly Zainchkovskiy

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

Анатолій Ладанюк
Anatoly Ladanyuk

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

Андрій Маринін
Andrii Marynin

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

Брайан Мак Кенна
Brian McKenna

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

Валерій Мирончук
Valerii Myronchuk

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

Василь Кишенько
Vasyl Kyshenko

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

Василь Пасічний
Vasyl Pasichnyi

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

Віктор Доценко
Victor Dotsenko

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

Віктор Стабніков
Viktor Stabnikov

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

Володимир Зав'ялов
Volodymyr Zavialov

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

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

ЗМІСТ

Автоматизація та інформаційні технології

Федоров А. В., Шикұла О. М. Розробка кроссплатформеного програмного комплексу для керування дроном

Біотехнології

Король Ц. О., Жукова Я. Ф., Петрищенко С. С., Чуманська Г. С. Вплив культур білої плісені на біохімічні показники сирів з різним складом жирОВОЇ фази

Науменко О. В., Кігель Н. Ф., Бовкун А. О. Селекція біологічно активних штамів-продуцентів як альтернатива штучним консервантам і згущувачам

Куянов В. В., Таргоня В. С., Миропольський О. М. Оцінка технологічних прийомів зменшення емісії азоту в агробіосистемах

Вороненко А. А., Івахнюк М. О., Пірог Т. П. Синтез екзополісахариду етаполану на суміші меляси та соняшникової олії залежно від способу підготовки меляси

Лич І. В., Моцар А. В., Солошенко К. І. Імуномодульовальні та антибактеріальні властивості препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива

Економіка, менеджмент і маркетинг

Бутнік-Сіверський О. Б., Земко Г. В. Маркетингові інструменти в умовах сучасної маркетингової діяльності підприємств-виробників харчОВОЇ промисловості

Дерев'яно О. Г. Інструменти формування репутації підприємства для різних стейкхолдерських аудиторій: PR, IR та GR

Пенчук Г. С. Використання метапрограмного підходу у роботі менеджера з персоналу

В'ялець О. В. Система управління взаємовідносинами з клієнтами: теоретичний аспект

Соболев А. С. Ризик-орієнтований менеджмент системи радіаційної безпечності продукції сільськогосподарського виробництва відповідно до міжнародних стандартів

Механічна та електрична інженерія

Штангеев К. О. Гідростатичні депресії у випарних апаратах цукрового виробництва

Хоменко М. Д., Кухар В. М. Удосконалення схем та обладнання для очищення, відмивання і транспортування цукрових буряків на перероблення

Сорокін А. І. Визначення кількості конденсатів залежно від технічного рівня цукрового заводу

Українець А. І., Негрей О. В. Процеси лущення волоських горіхів

CONTENTS

Automation and Information Technologies

7 Fedorov A., Shikula E. The creation of a dron remote controlling cross-platform software application

Biotechnology

19 Korol Ts., Zhukova Y., Petrischenko S., Chumanska G. Influence of white mold cultures on the biochemical parameters of cheeses with different content of fatty phase

29 Naumenko O., Kigel N., Bovkun A. Selection of biologically active strains–producers as alternative for artificial preservatives and builders

36 Kuyanov V., Targonya V., Myropolskiy O. An estimation of technologies of processing of the second agricultural raw material and bringing of organic fertilizers is after emission of nitrogen

42 Voronenko A., Ivakhniuk M., Pirog T. Exopolysaccharide ethapolan synthesis on molasses and sunflower oil mixture depending on the method of molasses preparation

49 Lych I., Motsar A., Soloshenko K. Immunomodulatory and antibacterial properties of preparations on the basis of biologically active protein fragments of colostrum

Economy, Management and Marketing

59 Butnik-Siverskiy O., Zemko G. Marketing tools in the conditions of modern marketing activity of the enterprises — producers of food industry

68 Derevianko O. Instruments of the company's reputation management for different stakeholders: PR, IR and GR

81 Penchuk H. Using the metaprogram approach in the work of the personnel manager

90 Vialets O. Customers relationship management system: theoretical aspect

96 Sobolev A. Risk-oriented management of the radiation safety system of agricultural production in accordance with international standards

Mechanical and Electrical Engineering

105 Shtanheiev K. Hydrostatic depressions in evaporators of sugar production

117 Khomenko M., Kukhar V. Improvement of schemes and equipment for cleaning, washing and transportation of sugar beet to processing

127 Sorokin A. Determination of the amount of condensates depending on the technical level of the sugar plant

135 Ukrainets A., Negrey O. Processes of shelling of walnuts

- Авдеева Л. Ю., Макаренко А. А., Жукотський Е. К.* Дослідження впливу гідродинаміки потоку рідини в соплі вентурі на інтенсивність виникнення кавітації 145
- Авдеева L., Makarenko A., Zhukotsky E.* Investigation of the influence of fluid hydrodynamic flow in venturi nozzle on intensity of cavitation
- Шевченко О. Ю., Соколенко А. І., Вінніченко І. М., Максименко І. Ф.* Енергоімпульсні трансформації в середовищах харчових виробництв 153
- Sokolenko A., Shevchenko O., Vinnichenko I., Maksymenko I.* Energy impulse transformations in food production media
- Фізико-математичні науки**
- Physical and Mathematical Sciences**
- Левченко В. В.* Спектр об'ємних хвиль у періодично-шаруватому просторі 164
- Levchenko V.* Body waves in a regularly layered medium
- Харчові технології**
- Food Technology**
- Дудко С. Д.* Досягнення і проблеми у вивченні процесу випікання масивних борошняних виробів: огляд літератури. Частина 1: внутрішній тепломасообмін у тісті-хлібі 174
- Dudko S.* Advantages and problems in studying of massive flour goods baking: literature review. Part 1: internal heat and mass transfer within dough-bread
- Оболкіна В., Скрипка А.* Використання борошна із солоду пшениці при створенні технології здобного печива оздоровчого призначення 187
- Obolkina V., Skrypko A.* Using of wheat malt flour in the creation of technology of recreational butter biscuits
- Шульга Н. М., Гапченко Н. О.* Дослідження способів запобігання ваді «пізнє спучування» у твердих сирах 197
- Shulga N., Gapchenko N.* Investigation of ways for prevention of “late blowing” in hard cheeses
- Мількевич В. М.* Зменшення втраг цукрози при зберіганні цукрових буряків 206
- Milkevych V.* Reduction of sucrose losses during sugar beet storage
- Скорик К. Д., Петриченко І. Б., Резніченко Ю. М.* Визначення швидкості процесу І карбонізації в наближеному до повного витиснення режимі 215
- Skoryk K., Petrychenko I., Reznichenko Yu.* Determination of 1st carbonation process velocity in approximation to complete displacement mode
- Чорна Т. М., Чорна А. І.* Маркетингові дослідження попиту молока питного та його якості 223
- Chorna T., Chorna A.* Research of the quality of milk and its falsification
- Шидакова-Камениука О. Г., Шкляєв О. М., Рогова А. Л.* Мікробіологічна безпека кремowo-збивних цукерок з насінням чіа 234
- Shydakova-Kamieniuka E., Shklyayev O., Rogova A.* Microbiological safety of cream-whipped candies with chia seeds
- Костенко Є. С., Мельник Л. М., Бутенко О. М., Матко С. В.* Дослідження протекторних властивостей ягід обліпихи щодо іонів Pb (II), Cd (II) та Hg (II) 243
- Kostenko E., Melnik L., Butenko E., Matko S.* The study defensive characteristics of sea buckthorn berries for the ions Pb (II), Cd (II), Hg (II)
- Волощук Г. І., Ярковий А. О., Полуцька Б. М., Пашова Н. В., Грегірчак Н. М.* Дослідження впливу порошку топінамбура на вміст цукрів у хлібі житньому заварному 253
- Voloshchuk G., Yarkoviy A., Polutskaya B., Pashova N., Gregirchak N.* Research of influence of artichoke flour on the sugars content in scalded rye bread

THE CREATION OF A DRON REMOTE CONTROLLING CROSS-PLATFORM SOFTWARE APPLICATION

A. Fedorov, E. Shikula

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

Key words:

*Dron
Quadcopter
Arduino
ESP
UWP
Crossplatform
Microcontroller boards
Wi-Fi*

Article history:

Received 08.05.2019
Received in revised form
20.05.2019
Accepted 11.06.2019

Corresponding author:

A. Fedorov
E-mail:
xlr8.19@gmail.com

ABSTRACT

An analysis of existing analogs of drones was carried out. Almost all of the drones have a flight controller, which is responsible for managing, stabilizing the movement and reporting the state of the drone. These flight controllers have a significant drawback — they cannot be physically modified, that is, it is not possible to connect a new module if the developer did not anticipate its use. The study revealed that there are solutions to create your own quadcopter based on already programmed boards, but the main functionality is very limited, and the price is too high. The developed software solution allows user to create a quadcopter, using cheaper boards with the possibility of further modifications. The software package includes 3 software products: a cross-platform application, board-software for Arduino and ESP.

A quadcopter remote controlling software the base of microcontrollers Arduino and ESP is created. The developed software product is a cross-platform application for quadcopter control, and the software developed for used microcontrollers can be easily modified and supplemented with new functions. In the development process, modern technologies were used, such as C#, XAML, Wi-Fi, UWP which proved that they are reliable enough to be used. The result of this work is the simplified creation of quadcopter, including the use of cheaper components and the expansion of the quadcopter functionality.

The developed software product is a cross-platform application for controlling the quadcopter, and the used board-software can be easily modified and supplemented with new functionality. Using the developed application, it's possible to control the drone by a regular smartphone or PC.

РОЗРОБКА КРОСПЛАТФОРМЕННОГО ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ДРОНОМ

А. В. Федоров, О. М. Шикуча

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

У статті проведено аналіз вже існуючих аналогів дронів. Зазначено, що практично всі дрони мають на собі польотний контролер, який відповідає за керування, стабілізацію руху та повідомлення про стан дрона. Однак польотні контролери не піддаються фізичній модифікації, тобто неможливо під'єднати новий модуль, якщо розробник не передбачив його використання. У результаті дослідження з'ясовано, що існують рішення для створення власних дронів на основі вже запрограмованих плат, але їхній головний функціонал дуже обмежений, а ціна завищена. Розроблене програмне рішення дає змогу створити дрон, використовуючи дешевші плати з можливістю подальших модифікацій за допомогою різноманітного обладнання. До складу програмного комплексу входить три програмних продукти: кросплатформений додаток, програмне забезпечення для Arduino та ESP.

Програмне забезпечення використовує такі сучасні технології для функціонування, як: XAML, UWP, C#, Arduino IDE. Ці технології забезпечують просту та стабільну роботу пристрою. Розроблене програмне забезпечення для плат працює майже з будь-якої плати подібного сімейства, тобто можна використовувати будь-яку модель плати Arduino на базі AtMega328p та будь-яку плату сімейства ESP-8266.

Розроблений програмний продукт є кросплатформеним додатком для контролю дрона, а програмне забезпечення для використаних плат може бути легко модифіковане та доповнене новим функціоналом. Розроблений додаток дає змогу керувати дроном зі звичайного смартфона або ПК.

Ключові слова: *дрон, Arduino, ESP, UWP, кросплатформа, мікроконтролери плати, Wi-Fi.*

Постановка проблеми. Протягом декількох останніх років можна спостерігати значний приріст у продажі та виробництві літальних апаратів на дистанційному керуванні. Вони класифікуються за кількістю моторів (трикоптери, квадрокоптери та октакоптери — з трьома, чотирма та шістьма дугами відповідно). Найбільш розповсюджені квадрокоптери складаються з чотирьох дуг, на яких закріплений мотор і пропелер. Якщо встановити чотири мотори з пропелерами на легкий корпус із карбону, скловолокна або легкої деревини та з'єднати їх з приймачем дистанційного керування через плату керування, оснащену стабілізацією з гіроскопом, можна отримати просту модель, компоненти якої мають майже нескінченну варіативність.

Квадрокоптери — це вільна платформа для винахідників, вони можуть бути використанні у багатьох сферах, варто лиш встановити на них необхідний модуль [6]. У військовій галузі використання безпілотних літальних апа-

ратів надає можливість проводити розвідку на території ворога, патрулювання важливих областей, проведення бойових атак. Використовують дрони також для замірів атмосферних даних на висотах, проведення рятувальних операцій, географічних досліджень тощо. Компанія Amazon, що займається продажем речей з власного онлайн-магазину, має можливість робити доставку за допомогою літальних апаратів. Із зростанням популярності використання дронів з'явився і розвивається новий вид змагань — гонки на дронах. Тому розробка програмного забезпечення для поліпшення та здешевлення зборки квадрокоптерів, а також надання можливості модифікації квадрокоптера за допомогою різноманітного обладнання є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зазвичай, усі квадрокоптери мають на собі польотний контролер [16], який відповідає за стабілізацію, керування та повідомлення про стан дрона. Однак польотні контролери мають значний недолік — вони не піддаються фізичній модифікації, тобто неможливо під'єднати новий модуль, якщо розробник не передбачив його використання. Якщо власник захоче використовувати свій дрон для стабільної відеозйомки або для стеження за об'єктом, програмне забезпечення та польотний контролер повинні мати нативну підтримку цієї функції. Також не буде під'єднуватися додаткове обладнання: сенсор тиску, руху, кисню тощо.

Інакше кажучи, більшість польотних контролерів призначені лише для керування та стабілізації. Майже всі контролери адаптовані для роботи з пультом дистанційного керування. Такі пульти коштують дуже дорого та мають обмежені можливості [13].

Для прикладу візьмемо програмне забезпечення Multiwii [2]. До основних можливостей можна віднести: роботу з компасом, підтримку відеозйомки, дистанційне налаштування через Bluetooth, підтримку GPS за рядом умов. Інший приклад — програмне забезпечення CleanFlight, яке мало найбільшу популярність у середині 2016 року. Оболонка додатка працює як додаток для Google Chrome [6]. Додаток контролює роботу моторів, працює лише на польотних контролерах Naze32, Flip32, CC3D, підтримує Bluetooth, роботу із світлодіодними панелями, записує всі дані польоту за принципом «чорна скринька».

Мета статті: розробка програмного забезпечення для поліпшення та здешевлення збирання квадрокоптерів, а також його модифікації за допомогою різноманітного обладнання.

Викладення основних результатів дослідження. Після проведення аналізу існуючих програмних продуктів для керування та налаштування літальних апаратів було встановлено, що всі вони вимагають покупки дорогих плат польотного контролера та радіоприймача. Тому було прийнято рішення розробити додаток для використання сучасного смартфона замість радіопередавача через протокол Wi-Fi, а замість використання польотних контролерів розробити програмне забезпечення для плати Arduino, що забезпечить вільну модифікацію та значно здешевить розробки.

Для вирішення цього завдання пропонується виключити із звичайної схеми для конструювання квадрокоптера дві деталі — польотний контролер і радіоприймач; замінити польотний контролер на плату Arduino, а радіоприй-

мач — на плату ESP-12 (ESP8266). Коли літальний апарат буде ввімкнено, плата ESP-12 створить мобільну точку доступу Wi-Fi, користувачу необхідно лише під'єднатися до неї. Цей зв'язок буде аналогом зв'язку за допомогою радіоприймача. Вся інформація, що отримує плата ESP, переадресовується до Arduino. Інформація від Arduino відправляється до додатку оператора. Так користувач зможе оцінити реальний стан квадрокоптера [1; 5; 12].

Для того, щоб квадрокоптер піднявся у повітря, електродвигуни із встановленими пропелерами повинні набрати достатньо обертів, створивши вертикальну тягу. Регулюючи тягу кожного двигуна, можна змінювати нахил квадрокоптера, вирівнюючи таким чином коптер у потрібний момент [17]. Для регулювання квадрокоптера використовується гіроскоп з акселометром [2; 13].

Для стабілізації дрона використовуємо дві осі: вісь Nickання (pitch) та крену (roll). Отримуємо дані з гіроскопа, якщо нахил у будь-яку із сторін не відповідає необхідному, починаємо процедуру стабілізації. Під цією процедурою мається на увазі задання певної сили для кожного електродвигуна [18].

Розглянемо приклад: при куті стабілізації (0 pitch, 0 roll) нахил квадрокоптера (15 pitch, 0 roll). Щоб вирівняти його, потрібно додати потужності до передніх електродвигунів M1, M2 та зменшити потужності в M3, M4. Чим ближче дрон знаходиться до бажаної відмітки кута, тим слабша різниця в потужностях між моторами, тобто їх показники повертаються на базове значення — до значення утримання в повітрі (0, 0).



Рис. 1. Опис алгоритму польоту

Для розрахунку нахилу по осі roll застосовується той самий метод. Якщо ж нахил буде одразу по двох осях, треба провести обчислення для кожної. Потужність мотора — середнє математичне між двома результатами.

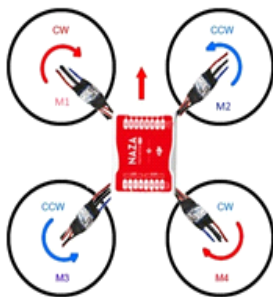


Рис. 2. Нумерація моторів

Щоб дрон почав рух у певний бік, йому потрібно нахилитись, тому команди оператора змінюють кут стабілізації [13]. Розглянемо приклад: квадрокоптер висить у повітрі з кутом (0 pitch, 0 roll). Для того, щоб він почав рухатися вперед, йому потрібно нахилитися також вперед і знаходитися в такому положенні до набрання достатньої швидкості. Після команди оператора рухатися вперед, кут стабілізації змінюється із (0 pitch, 0 roll) на (-15 pitch, 0 roll).

Інструментальні засоби розробки програмного продукту: Microsoft Visual Studio 2017 [7; 8].

Microsoft Visual Studio — серія продуктів фірми Microsoft, які включають інтегроване середовище розробки програмного забезпечення та ряд інших інструментальних засобів. Ці продукти дають змогу розробляти як консольні програми, так і програми з графічним інтерфейсом, в тому числі з підтримкою технології Windows Forms, а також веб-сайти, веб-додатки, веб-служби як у рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ, що підтримуються Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows Phone, Windows CE, .NET Framework, .NET Compact Framework та Microsoft Silverlight [7; 10].

Додатки Windows, створені за допомогою класів .NET Framework, мають і інші переваги. Так, можна отримати доступ до служб операційної системи і скористатися іншими перевагами, наданими користувачу обчислювальним середовищем. Доступ до даних можна отримати за допомогою ADO.NET. GDI+ надає додаткові можливості для малювання та розмальовки в додатках Windows Forms. Додатки Windows можуть використовувати методи, які звичайно пропонуються службами XML, надаючи можливість скористатися відомостями і комп'ютерними ресурсами з багатьох джерел і партнерів.

Як і у випадку з іншими додатками, .NET Framework, можна створювати додатки Windows в текстовому редакторі, викликати методи і класи .NET Framework, компілювати додаток в командному рядку і поширювати отриману в результаті виконувану програму. Ці функції аналогічні функціям, доступним у більш ранніх версіях Visual Basic і Visual C++. У Visual Studio 2005 ці можливості розширені й утворюють широкий набір засобів для розробки додатків Windows.

Arduino IDE — крос-платформений додаток, написаний на мові програмування Java, використовується для розробки та завантаження в плати Arduino. Середовище підтримує мови програмування C та C++ лише з невеликими змінами. Вбудовані бібліотеки дають змогу працювати з багатьма пристроями, що можна під'єднати до Arduino, а менеджер пакетів — встановлювати бібліотеки інших розробників для ще більш розширеного функціоналу. Саме за таким принципом плати ESP можна програмувати, використовуючи Arduino IDE [3].

Visual Micro — це плагін для Microsoft Visual Studio, що дає змогу проводити розробку для плат Arduino, використовуючи інструментальне середовище Visual Studio. Тобто програміст користується всіма перевагами функціональної Visual Studio та водночас проводить розробку для Arduino [10].

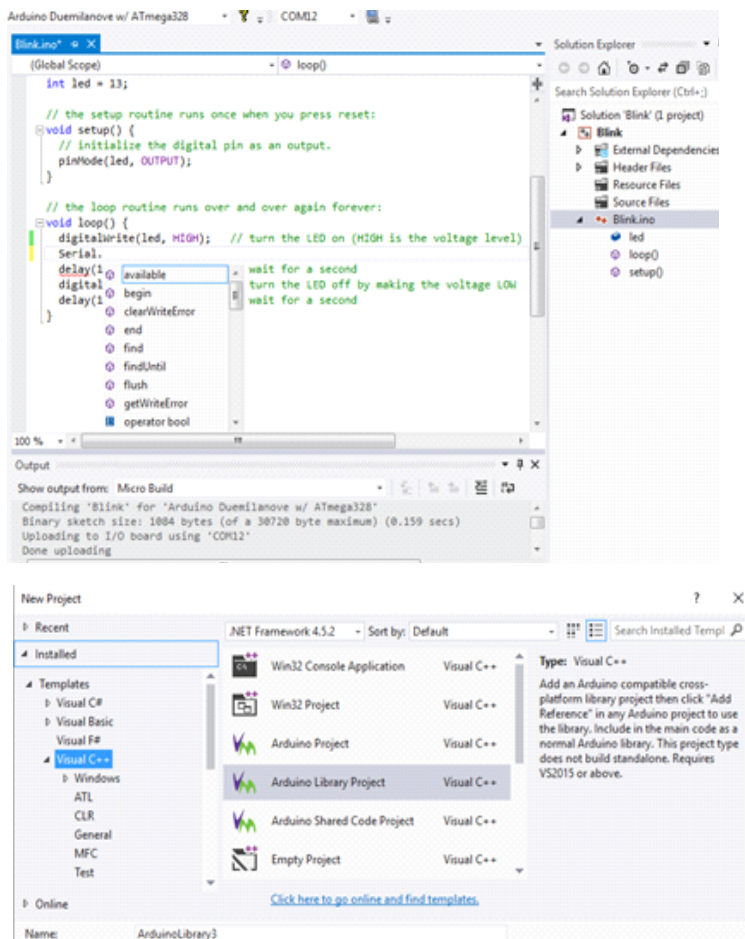


Рис. 3. Робота с додатком vMicro у VisualStudio

Мови програмування. Для розробки додатку використовувалася мова програмування C# [4], а для розробки програмного забезпечення для плат — Arduino та ESP — C++.

Використані технічні засоби. Плата Arduino складається з мікроконтролера Atmel AVR, а також елементів об'язки для програмування та інтеграції з іншими пристроями. Інтегроване середовище розробки Arduino — це багатоплатформовий додаток на Java, що включає в себе редактор коду, компілятор і модуль передачі прошивки в плату. Середовище розробки засноване на мові програмування Processing та спроектоване для програмування новачками, не знайомими близько з розробкою програмного забезпечення. Мова програмування аналогічна мові Wiring [14; 15]. Програми обробляються за допомогою препроцесора, а потім компілюються за допомогою AVR-GCC. Програми Arduino пишуться на мові програмування C або C++. Середовище розробки Arduino поставляється разом із бібліотекою програм «Wiring». Користувачам необхідно визначити лише дві функції для того, щоб створити програму, яка буде працювати за принципом циклічного виконання:

- `setup()`: функція виконується лише раз при старті програми і дає змогу задати початкові параметри;

- `loop()`: функція виконується періодично, доки плата не буде вимкнена.

ESP8266 — мікроконтролер китайського виробника Espressif з інтерфейсом Wi-Fi. Окрім Wi-Fi, мікроконтролер відрізняється можливістю виконувати програми із зовнішньої флеш-пам'яті з інтерфейсом SPI. Виробник не надає документації на внутрішню периферію контролеру. Замість цього він надає набір бібліотек, через API яких програміст отримує доступ до периферії. Arduino IDE для ESP8266 надає можливість створювати і зашифрувати їх у ESP8266 точно так само, як з Arduino. При цьому плати Arduino не потрібні, це не той випадок, коли ESP8266 використовується як Wi-Fi shield для Arduino. Крім того, є можливість використовувати практично всі архітектурні бібліотеки з ESP8266 після невеликої доробки [5]. Досить багато бібліотек адаптовано для використання з ESP8266 [19].

Опис прототипної моделі. Для реалізації розробленої системи керування квадрокоптером потрібно створити модель з такими параметрами:

- плата Arduino на основі чіпа Atmel Mega 328P;

- плата ESP сімейства ESP8266;

- чотири електронних регулятори швидкості (ESC) з підтримкою роботи 2S живлення;

- акселометр та гіроскоп моделі MPU—6050;

- літій-полімерний акумулятор 2S 1P, здатний видати не менше 20 ампер;

- лінійний стабілізатор для живлення плат.

Загальний алгоритм роботи:

1. Літій-полімерний акумулятор живить Arduino, MPU-6050 та ESP через понижуючий конвертер або лінійний стабілізатор. Електронний регулятор швидкості живиться напряму.

2. Arduino отримує дані від гіроскопа/акселометра (MPU-6050) через порти SCA/SCL.

3. ESP створює Wi-Fi точку доступу, до якої з'єднується клієнт. Тепер ESP виступає в ролі ретранслятора, тобто всі дані від додатка йдуть до Arduino та навпаки.

4. Arduino проводить необхідні обчислення, основані на даних з гіроскопа та акселерометра, щоб визначити необхідну потужність для кожного електродвигуна.

5. Кожен ESC з'єднаний з Arduino окремим сигнальним кабелем, використовуючи ШІМ-сигнал, керує потужністю електродвигуна.

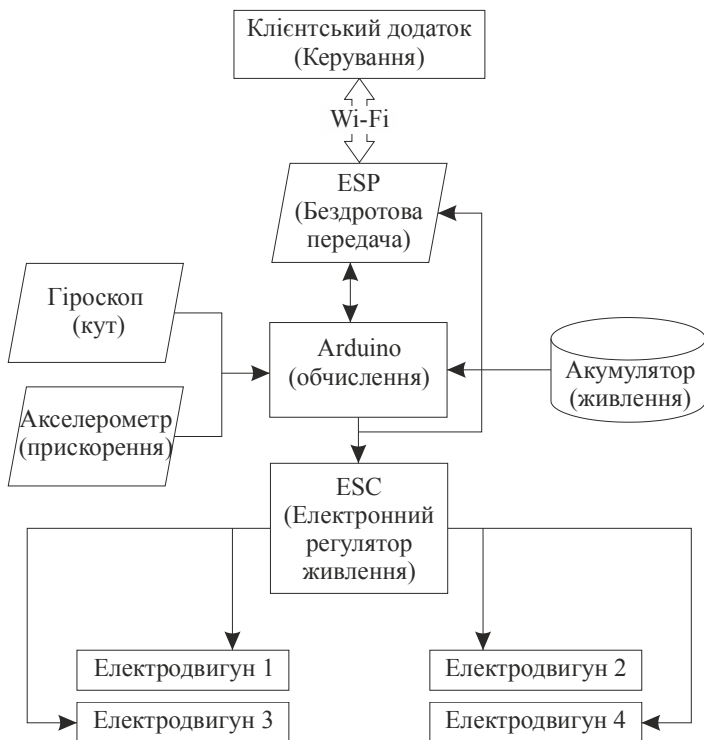


Рис. 4. Загальний алгоритм роботи квадрокоптера-прототипа

Для зарядки акумулятора існує спеціальний кабель-балансир та спеціальне обладнання для підзарядки, наприклад, ітах b3.

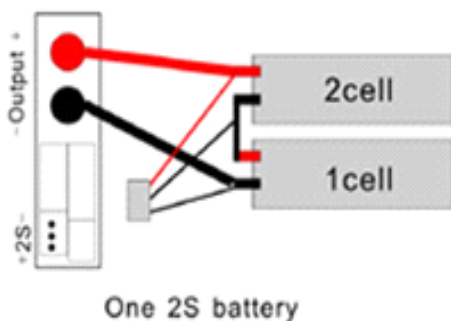


Рис. 5. Схема підключення 2S акумулятора

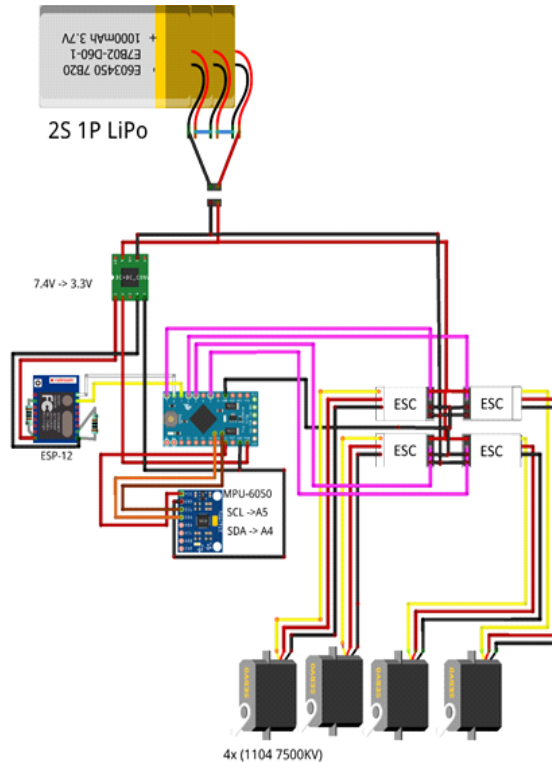


Рис. 6. Рекомендована схема підключення квадрокоптера-прототипа

Опис основних функцій системи. Зв'язок через W-Fi. Ця критично необхідна функція дає змогу створювати бездротовий зв'язок між літальним пристроєм і додатком. Для цього використовується технологія бездротового зв'язку Wireless-Fidelity (Wi-Fi) на частоті 2.4 Ghz за стандартом 802.11b/g/n. Плата ESP8266 із встановленим додатком створює бездротову точку доступу із заданим ім'ям і паролем, використовуючи шифрування WPA2. Ця точка доступу стає доступною до підключення для одного пристрою на ефективній відстані до 50 м. ESP буде переадресовувати всі вхідні команди через серійну комунікацію до контролюючої плати та навпаки, використовуючи серійну комунікацію.

Система команд. Для передачі даних між літальним апаратом та платою було розроблено систему команд. Основне призначення цієї системи команд — надійна передача інформації і команд між квадрокоптером та додатком і навпаки. Синтаксис команд є простим для людського розуміння, відкриває можливість робити налаштування та пересилати команди власноруч, використовуючи серійну комунікацію, наприклад, додаток PUTTY. Кожна команда — це один текстовий рядок, який складається з двох частин: тип команди (header), зміст команди (body)

Стабілізація та керування квадрокоптером у повітрі. Для стабілізації квадрокоптера у повітрі використовується такий алгоритм: кожен момент

часу квадрокоптер звіряє дані з гіроскопом, якщо дані змінилися або надійшов запит на зміну кута (керування) від додатку, тоді Arduino робить нові розрахунки для утримання в повітрі.

Квадрокоптер має чотири електродвигуни та може нахилитися по двох осях — pitch та roll. Щоб вирівняти квадрокоптер по одній із цих осей, треба додати потужності до тих електродвигунів, що нахилились ближче до землі, а для протилежних зменшити потужність. Але треба враховувати, що квадрокоптер може нахилитися по двох осях одночасно, для цього потужність мотора буде визначатися з урахуванням нахилу по другій осі.

Опис інтерфейсу. Інтерфейс програмного продукту можна представити у трьох виглядах: у вигляді додатку для персонального комп'ютера, застосунка для мобільного пристрою на базі операційних систем Android та iOS та у режимі консольних команд.

Перша вкладка — панель з'єднання (Connection). Мета цієї панелі — з'єднати додаток із квадрокоптером та відстежити стан цього зв'язку.

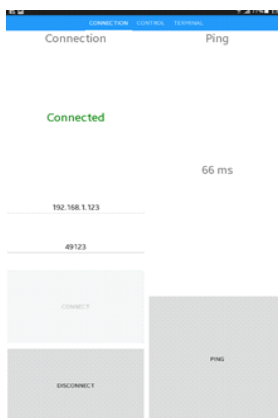


Рис. 7. Панель з'єднання (Connection) інтерфейсу

Друга вкладка — панель керування (Control). Ця вкладка призначена для керування квадрокоптером та відстеження його загального стану.

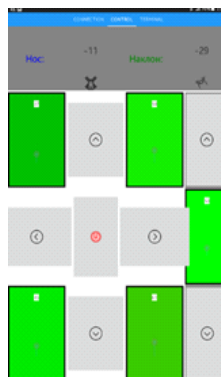


Рис. 8. Панель керування (Control) інтерфейсу

Третя вкладка Terminal призначена для ручного введення команд та отримання даних з квадрокоптера.

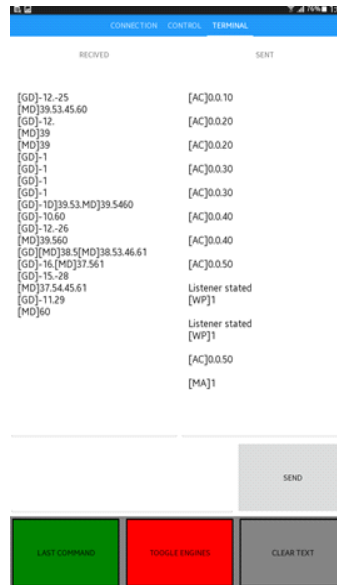


Рис. 9. Вкладка Terminal інтерфейсу

Висновки

Було створено систему керування квадрокоптером на основі плат Arduino та ESP. Основною метою цього рішення є поліпшення та здешевлення збирання квадрокоптерів, а також надання можливості модифікації квадрокоптера за допомогою різноманітного обладнання. До складу програмного комплексу входить три програмних продукти: кросплатформений додаток, програмне забезпечення для Arduino та ESP.

Розроблене програмне забезпечення для плат працює майже з будь-якої плати подібного сімейства, тобто можна використовувати будь-яку модель плати Arduino на базі AtMega328p та будь-яку плату сімейства ESP-8266.

Інтерфейс, що було створено з використанням технології XAML, дуже гнучкий. Розміри елементів змінюються залежно від розміру екрана. Керування коптером інтуїтивне, наявне відображення статусу пристрою в реальному часі.

У подальшому пропонується розширити можливий функціонал квадрокоптера, додавши до нього такі модулі, як відеокамера, барометр, компас, GPS-трекер, гучномовець, GSM-модем. Також планується реалізація фізичного пульта керування, за допомогою якого можна буде керувати квадрокоптером без використання смартфона.

Література

1. Блум Д. Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства. СПб: БХВ-Петербург, 2018. 336 с.
2. Килби Т., Килби Б. Дроны с нуля. СПб: БХВ-Петербург, 2016. 192 с.

3. Монк С. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами. СПб: Питер, 2017. 272 с.
4. Скит Д. C# для профессионалов. Тонкости программирования. М.: Вильямс, 2017. 608 с.
5. Шварц М. Интернет вещей с ESP8266. СПб: БХВ-Петербург, 2018. 192 с.
6. Яценков В. С. Твой первый квадрокоптер: теория и практика. СПб: БХВ-Петербург, 2016. 256 с.
7. Johnson B. Professional Visual Studio 2017. Wrox, 2018. 864 с.
8. Marcin J. Windows Application Development Cookbook. Packt Publishing, 2016. 512 с.
9. Peppers J. Xamarin Cross-platform Application Development. Packt Publishing, 2015. 462 p.
10. Perkins B., Hammer J., Reid J. Beginning C# 7. Programming with Visual Studio 2017. Wrox, 2018. 912 с.
11. Reynolds M. Xamarin Essentials. Packt Publishing, 2014. 234 с.
12. Towaha S. Building Smart Drones with ESP8266 and Arduino: Build exciting drones by leveraging the capabilities of Arduino and ESP8266. Packt Publishing, 2018. 212 с.
13. Квадрокоптеры — как все начиналось? *Habr*. 2015. URL: <https://habr.com/post/384163/> (дата звернення 20.11.2018).
14. Ефимов И. Программируем квадрокоптер на Arduino (часть 1). *Habr*. 2014. URL: <https://habr.com/post/227425/> (дата звернення 20.11.2018).
15. Программирование Ардуино | Аппаратная платформа Arduino. URL: <http://arduino.cc> (дата звернення 20.11.2018).
16. Что такое полетный контроллер? Дрономания. URL: <https://dronomania.ru/faq/chto-takoe-poletnyj-kontroller.html> (дата звернення 20.11.2018).
17. Васильков В. Регуляторы хода. RCdesign. URL: http://www.rcdesign.ru/articles/radio/esc_intro (дата звернення 20.11.2018).
18. Электродвигатели — устройство, принцип работы, типы, параметры, производители. Инженерные решения. URL: <http://engineering-solutions.ru/motorcontrol/motor/> (дата звернення 20.11.2018).
19. ESP8266: Модули/Азы программирования ESP8266. Онлайн справочник. URL: https://wikihandbk.com/wiki/ESP8266:Модули/Азы_программирования_ESP8266 (дата звернення 20.11.2018).
20. eXtensible Application Markup Language (XAML). Xamarin | Microsoft Docs. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/xamarin/xamarin-forms/xaml/index> (дата звернення 20.11.2018).

INFLUENCE OF WHITE MOLD CULTURES ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF CHEESES WITH DIFFERENT CONTENT OF FATTY PHASE

Ts. Korol, Y. Zhukova

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

S. Petrischenko, G. Chumanska

Institute of Food Resources of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Key words:

Cheese
Ketones
1-octen-3-ol
Phenylethanol
P. candidum
G. candidum

Article history:

Received 10.05.2019
Received in revised form
28.05.2019
Accepted 18.06.2019

Corresponding author:

Ts. Korol

E-mail:

tsvetana.korol@ukr.net

ABSTRACT

The paper presents the results of a study deals with of the influence of white mold cultures of *Penicillium candidum*, *Geotrichum candidum* and their mixtures (1:1) on the accumulation of aromatic compounds in cheeses with different composition of the fatty phase: 100% milk fat (cheeses № 1) and with 50% replacer for milk fat substitute “Bifilling-54” — (cheeses № 2). Aromatic compounds were determined on a Crystallux 4000M gas chromatograph, (SIF Analitika, Ukraine) with a flame ionization detector, HP-FFAP column (Agilent, USA), 30 m length. In the cheeses, the qualitative and quantitative composition of volatile fatty acids (VFA), characteristic ketones and alcohols were analyzed. The differences in the accumulation of aromatic compounds in the surface and internal layers of cheeses on the 20th day of maturation are shown.

Thus, the maximum total content of VFA was recorded in the surface layer: in cheeses № 1, № 2 with the culture of *P. candidum* V5 it was higher by 27.2% and 35.9% than with the culture of *G. candidum*, the replacer addition reduced this indicator, and this trend was more intensive in products with *G. candidum*. Six ketones were identified: 2-pentanone, 2-heptanone, 2-octanone, 2-nonanone, 2-decanone, 2-undecanone and alcohols — 1-octen-3-ol and phenylethanol, the highest content of them was observed in the cheese surface layer. The using of a mold mixture led to the increasing, and the addition of the replacer to the decreasing of these compounds. It has been shown that in the case of the technological necessity of adding the fat replacer, to improve organoleptic properties of cheeses and to give them a pronounced “mushroom” flavor, white molds should be used. This provides the basis for the development of compositions of white mold cultures, differing in the ways of transformation of organic compounds, for a balanced flavor bouquet of such products.

ВПЛИВ КУЛЬТУР БІЛОЇ ПЛІСЕНІ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИРІВ З РІЗНИМ СКЛАДОМ ЖИРОВОЇ ФАЗИ

Ц. О. Король, Я. Ф. Жукова

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

С. С. Петрищенко, Г. С. Чуманська

Інститут продовольчих ресурсів НААН України

У статті викладено результати дослідження впливу культур білої плісені *P. candidum*, *G. candidum* та їх суміші (1:1) на накопичення ароматичних сполук у сирах з різним складом жирової фази: 100% молочного жиру (сири № 1) та з 50% із заміною молочного жиру на «Біфілінг-54» — замітник молочного жиру (ЗМЖ) (сири № 2). Вміст ароматичних сполук досліджували на газовому хроматографі «Кристаллюкс 4000М» (НПФ «Аналітика», Україна) з полум'яно-іонізаційним детектором, колонкою HP-FFAP («Agilent», США), довжиною 30 м. У досліджених сирах проаналізовано якісний і кількісний вміст летких жирних кислот (ЛЖК), характеристичних кетонів та спиртів. Показано відмінності накопичення ароматичних сполук у поверхневому і внутрішньому шарах на 20 добу визрівання.

З'ясовано, що максимальний сумарний вміст ЛЖК був зафіксований у поверхневому шарі: у сирах № 1, № 2 з культурою *P. candidum* V5 був на 27,2%, 35,9% вищим, ніж з культурою *G. candidum*, додавання ЗМЖ знижувало цей показник (найбільше у продуктах з *G. candidum*). У досліджуваних сирах ідентифіковано 6 кетонів: 2-пентанон; 2-гептанон; 2-октанон; 2-нонанон; 2-деканон; 2-ундеканон та спиртів — 1-октен-3-ол та фенілетанол, найбільший вміст яких спостерігали у поверхневому шарі сирів. Застосування суміші плісень призводило до збільшення, а додавання ЗМЖ — до зменшення вмісту цих сполук. У разі технологічної необхідності додавання ЗМЖ для поліпшення органолептичних властивостей сирів і надання їм вираженого «грибного» аромату варто застосовувати суміші білих плісень. Це дає підставу для розробки композицій культур білої плісені, що мають відмінні шляхи перетворення органічних сполук, для збалансованого смакоароматичного букету м'яких сирів.

Ключові слова: сир, кетони, 1-октен-3-ол, фенілетанол, *P. candidum*, *G. candidum*.

Постановка проблеми. М'які сири з білою плісенню можна віднести до елітних сирів за особливі органолептичні властивості. Технологія їх виготовлення досить складна і передбачає застосування двох типів мікробіологічних препаратів — культур білої плісені та молочнокислих бактерій.

При виробленні таких сирів із сирого молока застосовують культури білої плісені *P. candidum*. Проте у Франції для підвищення інтенсивності аромату

сирів, виготовлених з пастеризованого молока, додатково застосовують і *G. candidum* [1—3].

Біохімічні особливості функціонування культур *G. candidum* та їх вплив на якість сирів з білою плісенню відрізняються від культур *P. candidum*. Відзначено роль цих культур у зниженні гіркоти в сирах, адже ця вада виникає при дисбалансі як протеїназної, так і пептидазної активностей заквашувальних мікроорганізмів та сичужних ферментів. Вважають, що *G. candidum* здатний гідролізувати низькомолекулярні пептиди бета-казеїну, що утворились внаслідок активності *P. candidum*. При цьому додавання *G. candidum* стабілізує рівень аміаку, сприяє накопиченню сірковмісних сполук [4], запобігає контамінації культур, значно знижує ризик зараження роду *Mucor*, оскільки його розвиток у сирах випереджає розвиток *P. candidum* [5; 6].

Останніми роками набув тренд споживання продуктів із зниженим вмістом жиру. Однак при виготовленні таких сирів виникає ряд технологічних проблем. Щоб їх уникнути, необхідно відстежувати процес ароматоутворення, оскільки застосування ЗМЖ безпосередньо впливає на перебіг протеолітичних і ліполітичних процесів у сирах [7; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз джерел літератури показав, що вплив ЗМЖ різної природи на перебіг біохімічних процесів у м'яких сирах з білою плісенню глибоко не досліджувався, що обумовлює актуальність дослідження для сироробної галузі.

Дослідження технології сирів, які визрівають за участі плісневих грибів, присвятили свої праці провідні зарубіжні й вітчизняні науковці: L. H. Paul McSweeney, P. Molimard, M-N. Leclercq-Perlat, G. Corrieu, H-E. Spinnler, R. C. Lindsay, A. B. Гудков, З. Х. Климовський, Л. А. Остроумов, Т. Н. Садова, А. М. Ніколаєв, Р. Раманаускас, А. І. Чеботарьов та інші.

У разі необхідності розширення асортименту елітних сирів при недостатньому обсягу молочної сировини впровадження подібних технологій є нагальним і перспективним напрямком сироробної галузі в Україні.

Мета дослідження: вивчення впливу різних культур білої плісені на біохімічні та реологічні властивості м'яких сирів за умови часткової заміни молочного жиру на ЗМЖ.

Матеріали і методи. Об'єктами досліджень були м'які сири з білою плісенню, виготовлені в лабораторних умовах із застосуванням заквашувального препарату «Alba THC-02» (виробництва ДДП ІПР НААН), культур *P. candidum* V5 та *G. candidum* C та їхньої суміші у співвідношенні 50:50 («SACCO», Італія). Сири були виготовлені з різним вмістом жиру: сир № 1 — 60% молочного жиру; сир № 2 — 60% жиру, в якому 30% складав «Біфілінг-54» (виробник ТОВ «БМБ Маргарин», Україна). Вміст ароматичних сполук у сирах досліджували на газовому хроматографі «Кристаллюкс 4000М», (НПФ «Аналітика», Україна) з полум'яно-іонізаційним детектором, капілярною колонкою HP-FFAP («Agilent», США) довжиною 30 м, внутрішнім діаметром 0,25 мм та шаром плівки 0,25 мкм. Для ідентифікації сполук використовували суміш летких вільних кислот (CRM № 46975); 2-гептанон (№ 02476); 2-октанон (№ 02479); 2-нонанон (№ 63969); 2-деканон (№ 68228); 2-ундеканон (№ 74038) та спиртів — 1-октен-3-ол (№ 68225) та фенілетанол (№ 77861)

виробництва «Sigma-Aldrich», США. Реологічний показник сирів — зусилля зрізу, вимірювали на універсальній випробувальній електромеханічній машині «SANS», серія СМТ 2503 (Велика Британія).

Викладення основних результатів дослідження. Сири з білою плісінню на відміну від сирів з високою та низькою температурою другого нагрівання мають чітко виражені поверхневий і внутрішній шари, наявність яких зумовлена направленістю протеолітичних та ліполітичних процесів [9].

Аналіз даних про накопичення ЛЖК виявив залежність їх вмісту від якісного складу жирової фази та виду застосованої білої плісені як у поверхневому (П), так і внутрішньому (В) шарах сирів (рис. 1).

Максимальне накопичення легких жирних кислот на 20 добу визрівання спостерігали у поверхневому шарі всіх варіантів сирів. У сирах з культурою *P. candidum* V5 у варіантах № 1, № 2 сумарний вміст ЛЖК був на 27,2% і 35,9% вищим, ніж в аналогічних сирах з культурою *G. candidum*.

Додавання замітника у жирову фазу сиру № 2 знижувало цей показник: з культурою *P. candidum* V5 на 19,1%, у варіанті з *G. candidum* — на 28,8%, із застосуванням суміші — на 50,4% порівняно з сиром № 1. При цьому абсолютні значення вмісту ЛЖК були майже однаковими у сирах № 2 як з культурою *P. candidum* V5, так із сумішшю культур.

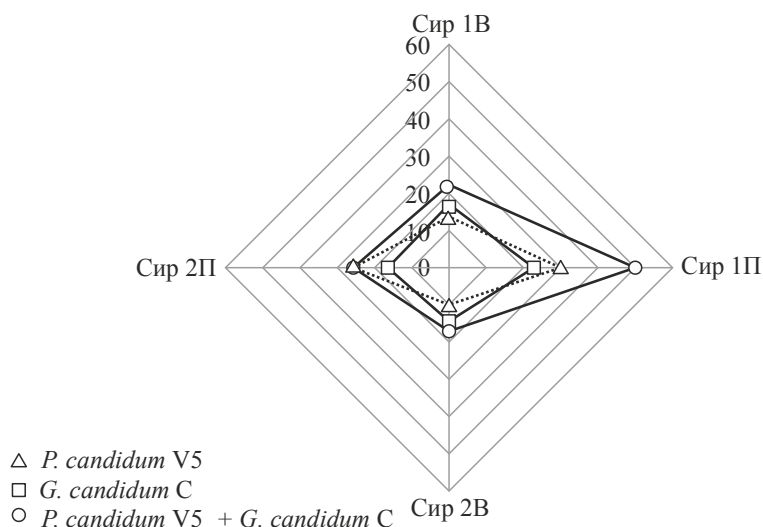


Рис. 1. Загальний вміст легких жирних кислот (мг/100 г) у зрілих сирах, виготовлених з різними культурами білої плісені

Примітка: сир 1 — 60% молочного жиру; сир 2 — 60% жиру з ЗМЖ.
 В — внутрішній шар; П — поверхневий шар.

Аналіз складу ЛЖК від С₂ до С₆ показав, що домінуючою фракцією серед цих сполук була оцтова кислота: її вміст варіював від 76,1% до 89,9% від сумарного їх вмісту (табл. 1). При порівнянні шарів було відзначено, що у поверхневому шарі вміст оцтової кислоти був завжди більшим, що може бути пов'язано з більш інтенсивними процесами протеолізу через розвиток міце-

лію плісені (табл. 1). Додавання ЗМЖ знижувало вміст оцтової кислоти у всіх варіантах сирів як у внутрішньому, так і в поверхневому шарі.

Вміст оцтової кислоти у внутрішньому шарі сирів № 1 був вищим з культурою *P. candidum* V5 на 33,5%, з *G. candidum* — на 13,8%, із застосуванням суміші — на 25,2% порівняно з аналогічними параметрами сирів № 2. У поверхневому шарі сирів № 1 вміст оцтової кислоти був вищим з культурою *P. candidum* V5 на 15,4%, з *G. candidum* — на 37,3%, із застосуванням суміші — на 55,7% порівняно з аналогічними параметрами сиру № 2.

Таблиця 1. Склад летких жирних кислот у зрілих сирах, виготовлених з різними культурами білої плісені

Кислота	Сир 1				Сир 2			
	В		П		В		П	
	% від заг. вмісту	мг/100 г	% від заг. вмісту	мг/100 г	% від заг. вмісту	мг/100 г	% від заг. вмісту	мг/100 г
Сири з культурою <i>P. candidum</i> V5								
Оцтова	86,71	12,4	85,62	26,5	84,70	8,25	89,54	22,43
Пропіонова	1,12	0,16	1,20	0,37	3,18	0,31	0,56	0,14
Ізомасляна	0,35	0,05	0,45	0,14	0,82	0,08	0,20	0,05
Масляна	2,87	0,41	5,27	1,63	3,59	0,35	4,35	1,09
Ізовалеріанова	8,04	1,15	3,36	1,04	7,29	0,71	4,91	1,23
Капронова	0,91	0,13	4,10	1,27	0,41	0,04	0,44	0,11
Сума	100,0	14,30	100,0	30,95	100,0	9,74	100,0	25,05
Сири з культурою <i>G. candidum</i> C								
Оцтова	83,43	14,05	86,55	19,5	84,69	12,11	76,14	12,22
Пропіонова	3,15	0,53	0,93	0,21	1,47	0,21	1,99	0,32
Ізомасляна	0,95	0,16	1,51	0,34	0,98	0,14	1,00	0,16
Масляна	3,44	0,58	6,39	1,44	2,31	0,33	2,55	0,41
Ізовалеріанова	8,19	1,38	4,08	0,92	9,65	1,38	8,41	1,35
Капронова	0,83	0,14	0,53	0,12	0,91	0,13	0,87	0,14
Сума	100,0	16,84	100,0	22,53	100,0	14,30	100,0	16,05
Сири з культурою <i>P. candidum</i> V5+ <i>G. candidum</i> C								
Оцтова	87,67	19,13	89,87	45,5	85,65	14,31	80,21	20,15
Пропіонова	1,97	0,43	0,81	0,41	2,97	0,38	2,51	0,63
Ізомасляна	1,15	0,25	0,47	0,24	0,92	0,15	4,58	1,15
Масляна	3,07	0,67	3,59	1,82	2,41	0,41	4,82	1,21
Ізовалеріанова	5,59	1,22	4,19	2,12	6,92	1,05	7,32	1,84
Капронова	0,55	0,12	1,07	0,54	1,13	0,21	0,56	0,14
Сума	100,0	21,82	100,0	50,63	100,0	16,51	100,0	25,12

Примітка: сир 1 — 60% молочного жиру; сир 2 — 60% жиру з ЗМЖ. В — внутрішній шар; П — поверхневий шар.

При цьому у поверхневому шарі сирів № 1 в усіх варіантах відносний вміст пропіонової кислоти був вищим порівняно з відповідними варіантами сирів № 2. Така ж тенденція спостерігалась і для ізовалеріанової кислоти. Тож додавання ЗМЖ найбільш уповільнювало процес накопичення оцтової кислоти у варіантах сирів із застосуванням культури *G. candidum*, тоді як у сирах, виготовлених із сумішшю плісень, цей показник варіював мінімально.

У досліджуваних сирах також ідентифіковано 6 кетонів: 2-пентанон; 2-гептанон; 2-октанон; 2-нонанон; 2-деканон; 2-ундеканон (табл. 2), які є найважливішими компонентами аромату сирів із плісінню [8; 9]. Вважають, що два основних метилкетони — 2-нонанон та 2-гептанон утворюються з октанової та деканової кислот молочного жиру. Є думка, що попередниками метилкетонів можуть бути довголанцюжкові жирні кислоти, зокрема такі як пальмітинова ($C_{16,0}$) та олеїнова кислоти ($C_{18,0}$) [10; 11].

Встановлено, що вміст 2-гептанону, який має фруктово-пряний аромат, варіював у досліджуваних сирах залежно від складу жирової фази та культури плісені (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст кетонів у зрілих сирах, виготовлених із культурами білої плісені, мг/100г

Кетони	Сир 1		Сир 2	
	В	П	В	П
Сири із культурою <i>Penicillium candidum</i> V5				
2-пентанон	—	—	—	—
2-октанон	0,023±0,001	0,085±0,001	0,017±0,004	0,048±0,001
2-деканон	0,010±0,003	0,012±0,001	0,011±0,002	0,013±0,002
2-ундеканон	0,050±0,002	0,093±0,002	0,035±0,003	0,047±0,002
2-гептанон	0,240±0,002	0,480±0,002	0,100±0,001	0,120±0,002
2-нонанон	0,080±0,001	0,490±0,001	0,120±0,002	0,210±0,001
Сири із культурою <i>Geotrichum candidum</i> C				
2-пентанон	—	0,035±0,002	—	0,015±0,001
2-октанон	—	0,047±0,004	—	0,017±0,005
2-деканон	0,011±0,002	0,030±0,004	0,011±0,003	0,018±0,004
2-ундеканон	0,025±0,003	0,046±0,003	0,019±0,002	0,020±0,002
2-гептанон	0,120±0,002	0,520±0,002	0,090±0,001	0,110±0,001
2-нонанон	0,100±0,001	0,200±0,001	0,080±0,001	0,120±0,001
Сири із культурами <i>P. candidum</i> V5 + <i>G. candidum</i> C				
2-пентанон	—	0,025±0,002	—	0,010±0,001
2-октанон	0,013±0,001	0,050±0,001	0,004±0,001	0,010±0,004
2-деканон	0,010±0,002	0,020±0,003	0,011±0,003	0,011±0,002
2-ундеканон	0,028±0,001	0,060±0,003	0,019±0,002	0,045±0,003
2-гептанон	0,190±0,003	0,700±0,001	0,120±0,001	0,370±0,001
2-нонанон	0,100±0,001	0,380±0,001	0,080±0,001	0,175±0,004

Примітка: В — внутрішній шар, П — поверхневий шар. «—» — не виявлено.

Додавання ЗМЖ призводило до зменшення вмісту 2-гептанону у поверхневому шарі у сирі № 2 з *G. candidum* C на 79%, а з *P. candidum* V5 на 75% порівняно з аналогічними сирами № 1. Деяко вищі значення 2-гептанону у сирах з *G. candidum* C можна пояснити здатністю цієї культури накопичувати вільну октанову кислоту, яка може залучатися до синтезу метилкетону.

Застосування суміші плісені при виробленні сирів призводило до збільшення вмісту 2-гептанону у поверхневому шарі сирів на 32% порівняно із сиром № 1 *P. candidum* V5 та на 26% порівняно з сиром № 1 *G. candidum* C. Водночас наявність ЗМЖ у жировій фазі обумовлювало зменшення накопичення цієї сполуки у сирі № 2 у поверхневому шарі на 47% порівняно з аналогічним сиром № 1.

В усіх варіантах дослідних сирів вміст 2-нонанону був вищим у поверхневому шарі з культурою *P. candidum* V5 (табл. 2). При використанні суміші плісеной рівень цієї сполуки в поверхневому шарі сиру № 2 порівняно з сиром № 1 зменшувався приблизно на 54%, проте він був більшим порівняно з сиром № 2 з культурою *G. candidum* С на 31%, а з культурою *P. candidum* V5 — меншим на 20%. Цей факт можна пояснити здатністю *P. candidum* V5 накопичувати значну кількість вільної деканової кислоти, яка може перетворюватись на 2-нонанон. Здатність накопичувати окремі вільні середньоланцюжкові жирні кислоти у сирах з білою плісенню позитивно корелює з концентрацією окремих метилкетонів, зокрема 2-гептанону та 2-нонанону.

Варто відзначити, що 2-пентанон виявлено у поверхневому шарі сирів № 1 та № 2 з культурою *G. candidum* та з сумішню культур плісеной (табл. 2), проте його не зафіксовано у жодному варіанті сирів з культурою *P. candidum* V5.

Вміст 2-октанону виявлений у внутрішньому і поверхневому шарах продуктів, виготовлених із культурою *P. candidum* V5. При цьому вміст цієї сполуки у сирах № 1 та № 2 був більший у 3,6 раза та в 2,8 раза у поверхневому шарі, ніж у внутрішньому. У сирах з культурою *G. candidum* вміст 2-октанону виявлено лише у поверхневому шарі. При цьому додавання ЗМЖ призводило до зниження рівня цієї сполуки в усіх варіантах застосування плісеной. Такі дані вказують на пряму залежність утворення 2-октанону від складу плісеной і жирової фази продукту.

У незначних кількостях 2-деканон був наявний у всіх варіантах сирів, причому його вміст був майже стабільним у сирах з *P. candidum* V5 як у внутрішньому, так і поверхневому шарах. У сирах з культурою *G. candidum* вміст 2-деканону був вищим майже вдвічі у поверхневому шарі в усіх варіантах сирів. Аналогічну тенденцію спостерігали і для 2-ундеканону. Додавання замітника знижувало рівень метилкетону у поверхневому шарі в 1,3 раза, при цьому його вміст у сирах з *P. candidum* був майже вдвічі вищий, порівняно з сирами з *G. candidum*.

Сири з білою плісенню відрізняються від інших сирів специфічним «грибним» ароматом, який обумовлений наявністю вторинного спирту 1-октен-3-олу, що утворюється переважно в результаті метаболізму довголанцюжкових кислот — лінолевої і ліноленової. Аналіз вмісту 1-октен-3-олу у досліджуваних продуктах показав, що у внутрішніх шарах ця сполука була наявна в слідових кількостях, тоді як у поверхневому шарі вона варіювала від 17 до 36 мкг /100 г (табл. 3). Це вказує на взаємозв'язок «грибного» аромату з наявністю щільного молодого міцелію на поверхні сирів [8; 12].

Встановлено, що з культурою *P. candidum* V5 вміст 1-октен-3-олу був вищий на 53%, ніж з *G. candidum* С у сирі № 1, і на 59,5% у сирі № 2 відповідно (табл. 3).

Додавання ЗМЖ при виготовленні продукту зменшувало рівень спирту 1-октен-3-олу у поверхневому шарі, і, відповідно, інтенсивність «грибного» аромату. У сирах № 2 з культурою *G. candidum* С додавання ЗМЖ сприяло зниженню вмісту цього спирту на 28%, тоді як у сирах з культурою *P. can-*

didum V5 цей показник становив 16,5%, порівняно з сирами № 1. Тобто, синтез 1-октен-3-олу позитивно корелював із вмістом молочного жиру у жировій фазі продукту та наявністю культур *P. candidum* V5.

Таблиця 3. Вміст спиртів у зрілих сирах із різними культурами білої плісені (мкг/100 г)

Спирти	Сир 1		Сир 2	
	В	П	В	П
Сири із культурою <i>Penicillium candidum</i> V5				
1-октен-3-ол	0,02±0,002	36,70±0,2	0,06±0,001	30,65±0,3
фенілетанол	0,01±0,001	2,13±0,001	—	1,86±0,01
Сири із культурою <i>Geotrichum candidum</i> C				
1-октен-3-ол	0,04±0,001	17,20±0,1	0,04±0,001	12,40±0,3
фенілетанол	0,06±0,001	1,35±0,02	—	0,55±0,01
Сири із культурами <i>P. candidum</i> V5 + <i>G. candidum</i> C				
1-октен-3-ол	0,05±0,001	33,65±0,001	0,04±0,002	24,60±0,1
фенілетанол	0,02±0,001	1,88±0,01	—	0,70±0,01

У дослідних сирах також було виявлено фенілетанол, який має трояндвий, квітковий запах. На відміну від 1-октен-3-олу ця сполука виявлена у значно меншій кількості (табл. 3).

Оскільки сири з плісенню мають специфічний, відмінний від звичайних твердих сирів, характер визрівання, то відстежено динаміку вмісту молочної кислоти, рН та аміаку, тому що ці показники тісно корелюють між собою. Було показано, що застосування різних варіантів культур плісеней для виготовлення сирів спричиняє відмінності у накопиченні аміаку, зміні рН та концентрації молочної кислоти у сирах під час визрівання (табл. 4).

Таблиця 4. Динаміка вмісту аміаку, молочної кислоти та активної кислотності упродовж визрівання сирів з культурами білої плісені

Показники	<i>P. candidum</i>				<i>G. candidum</i>				<i>P. candidum</i> + <i>G. candidum</i> C			
	Тривалість визрівання, доба											
	2	10	15	20	2	10	15	20	2	10	15	20
Сир № 1												
NH ₃ , мг/100 г продукту	0	15,4	54	68,8	0	15,4	54	64,8	0	15,4	54	61,5
Молочна кислота,% від початкового вмісту	100	70	37	4	100	70	36	4	100	71	36	4
рН	4,58	4,81	5,35	6,05	4,55	4,81	5,35	5,85	4,63	4,81	5,37	5,67
Сир № 2												
NH ₃ , мг/100 г продукту	5	15	21,8	63,5	3	17	36,5	60,2	4	17,1	23,2	50,8
Молочна кислота,% від початкового вмісту	100	75	39	3	100	72	42	3	100	65	27	4
рН	4,58	4,92	5,40	5,83	4,6	4,82	5,32	5,85	4,63	4,91	5,22	5,66

Додавання ЗМЖ призводило до зниження рівня аміаку, що можна пов'язати з уповільненням розвитку міцелію на поверхні сирів. У результаті зменшення аміаку аромат сиру № 2 не мав надмірної ноти «різкості», незалежно від виду застосованих культур плісень. Особливо вплив заміни молочного жиру на ЗМЖ за цими показниками відчувався у сирах з культурою *G. candidum* С (табл. 4).

Вплив різних культур плісень також було досліджено на реологічний показник — зусилля зрізу досліджуваних сирів, який вимірювали на приладі «SANS», серія СМТ 2503. Доведено, що щільність досліджуваних продуктів суттєво залежить від застосованих культур плісень (табл. 5).

Отримані результати свідчать, що застосування білої плісені *G. candidum* при виготовленні сирів типу Камамбер сприяло формуванню більш ніжної консистенції та більш тонкого поверхневого шару продукту, ніж з культурами *P. candidum* (табл. 5).

Табл. 5. Динаміка реологічного показника зусилля зрізу у зрілих сирах

Продукт	Зусилля зрізу, кН/м ²					
	Внутрішній шар без скоринки			Сир зі скоринкою		
	<i>P. candidum</i>	<i>G. candidum</i>	<i>P. candidum</i> + <i>G. candidum</i>	<i>P. candidum</i>	<i>G. candidum</i>	<i>P. candidum</i> + <i>G. candidum</i>
Сир № 1	15,34	8,28	12,97	37,22	19,10	31,54
Сир № 2	14,46	7,54	10,52	32,05	15,50	24,46

Додавання заміни молочного жиру суттєво цю тенденцію не змінювало. У сирі № 2 показник зусилля зрізу був нижчий за показник сиру № 1 з культурою *P. candidum* на 14%, з *G. candidum* — на 19%, із сумішшю плісень — на 22,4%.

Висновки

Застосування різних варіантів культур плісень для виготовлення сирів спричиняло відмінності у накопиченні аміаку, зміні рН та концентрації молочної кислоти, легких жирних кислот. При цьому встановлено, що додавання заміни молочного жиру уповільнювало накопичення легких жирних кислот, кетонів, 1-октен-3-олу, фенілетанолу незалежно від культур застосованих плісень. Сири, виготовлені з *P. candidum* V5, мали більш різкий і виражений аромат порівняно з сирами, виготовленими з *G. candidum* С. Слід зазначити, що додавання *G. candidum* С сприяло формуванню більш ніжної скоринки сирів і більш м'якої текстури сиру.

Встановлено, що в разі часткової заміни молочного жиру (до 50%) ЗМЖ доцільно використовувати суміші білих плісень, які мають відмінні шляхи перетворення органічних сполук.

Література

1. Singh T. K., Drake M. A., Cadwallader K. R. Flavor of Cheddar cheese: a chemical and sensory perspective. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2003. Vol. 2, No. 4. P. 166—189.

2. McSweeney Paul L. H. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*. 2004. Vol. 57, No. 2/3. P. 127—144.
3. Малова В. В., Жукова Я. Ф., Вакуленко М. М. Біохімічні особливості функціонування культур *Geotrichum candidum* та їх вплив на якість сирів з білою плісінню. *Молочное дело*. 2012. № 5. С. 10—12.
4. Leciercq-Perlat M-N, Latrille E., Corrieu G., Spinnler H-E. Controlled production of Camembert-type cheeses: part II Changes in the concentration of the more volatile compounds. *Journal of Dairy research*. 2004. Vol. 71, No. 3. P. 355—366.
5. Fleet G.H. Yeasts in Dairy Products. *Journal of Applied Bacteriology*. 1990. Vol. 68, No. 3. P. 199—211.
6. Leclercq-Perlat M-N., Buono F., Lambert D., Latrille E., Spinnler H-E., Corrieu G. Controlled production of Camembert-type cheeses. Part I: Microbiological and physicochemical evolutions. *Journal of Dairy Research*. 2004. Vol. 71, No. 3. P. 346—354.
7. Жукова Я. Ф., Мудрак Т. П. Властивості структурованих ліпідів, призначених для низькокалорійних молочних продуктів. *Продовольчі ресурси: зб. наук. пр. НААН*; Ін-т прод. ресурсів НААН. К.: ННЦ «ІАЕ», 2015. № 5. С. 126—134.
8. Molimard P., Spinnler H.E. Review: Compounds Involved in the Flavor of Surface Mold-Ripened Cheeses: Origins and Properties. *Journal of Dairy Science*. 1996. Vol. 79, No. 2. P. 169—184.
9. Жукова Я., Малова В., Король Ц., Козлова Л., Федін Ф. Вплив культур білої плісені на накопичення летких ароматичних сполук у сирах. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С. З. Гжицького*. Львів, 2012. Т. 14, № 2(52). Ч. 3. С. 218—226.
10. Грипен Ж.К., Ламберэ Ж., Ленуар Ж., Туркер К. Микробиологические и ферментативные явления и биохимия созревания сыра/ *Производство сыра: технология и качество*: учебник, М., ВО «Агропромиздат», 1989. С. 62—76.
11. Boutrou R. Guéguen M. Interests in *Geotrichum candidum* for cheese technology. *Int J Food Microbiol*. 2005. Vol. 102, No. 1. P. 1—20.
12. Захандрович О., Жукова Я., Малова В., Король Ц. Дослідження білкових і небілкових фракцій сирів з білою плісінню. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С. З. Гжицького*. Львів, 2011. Т. 13, № 4(50). Ч. 4. С. 45—51.

SELECTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE STRAINS— PRODUCERS AS ALTERNATIVE FOR ARTIFICIAL PRESERVATIVES AND BUILDERS

O. Naumenko, N. Kigel

Institute of Food Resources of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

A. Bovkun

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

Key words:

*Streptococcus
thermophilus
Lactobacillus acidophilus
Exopolysaccharides
Producers
Preservatives*

Article history:

Received 13.05.2019
Received in revised form
31.05.2019
Accepted 13.06.2019

Corresponding author:

O. Naumenko

E-mail:

ovnaumenko1@gmail.com

ABSTRACT

Microbiotyping of non-commercial food products was conducted, from which pure cultures of microorganisms were isolated. Based on the results of morphological and biochemical tests, genetic studies of bacterial isolates are identified, namely: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*. The active strains were screened for biotechnological characteristics such as: the ability to form aromatic compounds and viscous components, the level of lactic acidity and bacterial yield, the energy of acid formation, the resistance to aggressive compounds of the intestinal tract, the ability to reduce the level of lactose for milk fermentation, organoleptic, antagonistic activity regarding technically harmful and opportunistic microflora. Selection of resistant strains for virulent phages circulating in dairy processing enterprises of Ukraine was carried out. It has been shown that the ability to produce exopolysaccharides and, thus, to influence the rheological properties of fermentation products is a straw-specific characteristic that varies widely.

Recommendations for use: selected strains — producers of biologically active compounds can be used in the form of starters or monocultures in the processes of milk fermentation as natural thickeners, stabilizers, gel forming and water-absorbing agents; artificial preservatives. The strains of *S. thermophilus*, selected according to phage resistance and the ability to produce exopolysaccharides, can be used as “technical” strains to stabilize the fermentation process, even with phage infection and to improve the texture of fermented milk. In addition, it is expedient to involve such strains in starters in order to increase the stability of the product, increase rheological properties, etc.

СЕЛЕКЦІЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ШТАМІВ-ПРОДУЦЕНТІВ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ШТУЧНИМ КОНСЕРВАНТАМ І ЗГУЩУВАЧАМ

О. В. Науменко, Н. Ф. Кігель

Інститут продовольчих ресурсів НААН України

А. О. Бовкун

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

У статті досліджено мікробіоту некомерційних харчових продуктів, з яких виділено чисті культури мікроорганізмів. На підставі результатів морфологічних, біохімічних тестувань, генетичних досліджень бактеріальні ізоляти ідентифіковано до видів *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*. Проведено скринінг активних штамів за такими біотехнологічними характеристиками: здатність до утворення ароматичних сполук і в'язких компонентів, рівень молокозсідальної активності та урожайності бактерій, енергія кислотоутворення, стійкість до агресивних сполук кишкового тракту, здатність знижувати рівень лактози за ферментації молока, органолептика, антагоністична активність щодо технічно-шкідливої та умовно-патогенної мікрофлори. Відібрано резистентні штами до вірулентних фагів, що циркулюють на молокопереробних підприємствах України. Показано, що здатність продукувати екзополісахариди та у такий спосіб впливати на реологічні властивості продуктів ферментації є штамоспецифічною характеристикою, яка варіює в широких межах.

Рекомендації щодо застосування: селекціоновані штами *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* — продуценти біологічно активних сполук, можуть використовуватись у формі заквашувальних культур або монокультур у процесах молочної ферментації як природні згущувачі, стабілізатори, желеутворювальні та водозв'язувальні агенти; штучні консерванти. Штами *S. Thermophilus*, відібрані за фагорезистентністю та здатністю до продукції екзополісахаридів, можуть бути застосовані як «технічні» штами для стабілізації процесу ферментації навіть за умови фагової інфекції та покращення текстури ферментованого молока. Крім того, такі штами доцільно залучати до мультиштамових заквасок з метою підвищення реологічних властивостей, збільшення стабільності продукту при зберіганні.

Ключові слова: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, екзополісахариди, продуценти, консерванти.

Постановка проблеми. Найрозповсюдженіші проблеми, які виникають при виробництві кисломолочних продуктів (низька в'язкість продукту, високий рівень синерезису, незадовільні органолептичні властивості та швидке псування), часто вирішуються завдяки додаванню сухого знежиреного молока чи сироватки, штучних консервантів, ароматизаторів або стабілізаторів струк-

тури. Зазвичай, додають желатин або рослинні (наприклад, крохмаль, пектин, гуарова камедь і альгінат) та мікробні полісахариди (наприклад, ксантан і геллан). Полісахариди збільшують в'язкість і стійкість, поліпшують текстуру, зменшують схильність до синерезису і поліпшують смак нежирних продуктів. Деякі полісахариди, наприклад, ксантан і геллан, мають додаткову перевагу, оскільки придатні до хімічної модифікації, що може поліпшити їхні реологічні властивості [1]. Проте ці добавки-загущувачі є загрозою здоров'ю людини та можуть негативно позначатись на органолептичних властивостях продуктів. У більшості країн Європейського Союзу додавання стабілізаторів у виробництві питних кисломолочних продуктів без фруктових наповнювачів заборонено.

Альтернативним методом покращення текстури, якості та стабільної здатності до зберігання кисломолочних продуктів є застосування штамів-продуцентів біологічно активних сполук — натуральних функціональних полімерів, біоцинів, ароматичних сполук тощо. Багато досліджень присвячено вивченню біорізноманіття екзополісахаридів, що продукують молочно-кислі бактерії в процесі виробництва йогурту, ферментованої молочної продукції, овочів, крупи, і умов для їх оптимальної продукції, технологічної реалізації в промисловій продукції. Перспективними є функціональні екзополісахаридсинтезуючі штами *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* та *Streptococcus thermophilus* [2].

Мета дослідження: провести цілеспрямований пошук штамів лактобактерій, домінуючою ознакою яких є здатність продукувати біологічно активні сполуки (функціональні полімери, біоцини тощо), які є альтернативою штучним консервантам і загущувачам.

Матеріали і методи. У зразках кисломолочних згустків, одержаних шляхом вирощування штамів в ультрапастеризованому молоці 2,6% жиру, визначали ряд біотехнологічних параметрів: чисельність лактобактерій, между кислотоутворення згідно з [3]. Реологічні характеристики незруйнованих кисломолочних згустків визначали на ротаційному віскозиметрі "RHEOTEST II" з вимірювальною системою циліндр-циліндр (S/S₃). Використовуючи показники приладу, знаходили числові значення ефективної в'язкості згустку, які виражали коефіцієнтом В (дорівнює значенню ефективної в'язкості при коловій швидкості 1м/с) [4]. Відношення культур до бактеріофагів досліджували методом подвійного агару з додаванням 10 мМ CaCl₂ [5]. У дослідях використовували вірулентні видоспецифічні бактеріофаги, виділені на підприємствах України, з колекції молочних фагів ППР. Вуглеводний склад зразків визначали за методом високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі LC-5 (фірми Shimadzu). Антагоністичну активність молочно-кислих бактерій щодо тест-культур патогенних і умовно патогенних мікроорганізмів досліджували *in vitro* за методом лунок. Результати досліджень представлено у вигляді середньоарифметичних значень показників з похибкою не більше 5%.

Викладення основних результатів дослідження. Екзополісахарид продукуючі (ЕПС) штами молочнокислих бактерій відіграють провідну роль у реологічній поведінці та формуванні текстури ферментованого молока,

зокрема шляхом пришвидшення процесів зсідання молока, збільшення в'язкості, посилення пластичності згустку та його стійкості до синерезису при механічному втручанні, яке є неминучим у технологіях резервуарного способу виробництва кисломолочних продуктів [2]. Отже, залучення до складу заквашувальних препаратів штамів-продуцентів екзополісахаридів є природним, дієвим і безпечним засобом формування текстури ферментованого молока та покращення реологічних властивостей кисломолочних продуктів.

Досліджували мікробіоту некомерційних харчових продуктів і виділяли чисті культури різних мікроорганізмів. Розподіл виділених ізолятів за морфологією клітин та джерелом виділення наведено у табл. 1.

Найбільше ізолятів виділено з некомерційних молочних продуктів: кокової форми та палички, відповідно, 22,2% і 31,2% від загальної кількості. Досліджено комплекс культурально-морфологічних та фізіолого-біохімічних ознак нових бактеріальних ізолятів традиційними мікробіологічними, біохімічними методами, сучасними методами за допомогою тестових систем API 50 CHL та API 20 STREP (bioMerieux, Франція) та генетичними методами із застосуванням специфічних олігонуклеотидних праймерів.

Таблиця 1. Характеристика ізолятів, виділених з природних джерел

Група	Морфологія клітин	Розміри клітин, мкм	Джерело виділення	Кількість ізолятів
I	Товсті палички різної довжини, окремі або в ланцюжках	0,6—0,9— 1,4—6,0	Ферментована рослинна сировина	73
II	Товсті палички різної довжини, окремі або в ланцюжках	0,7—0,9— 1,5—7,0	Некомерційні молочні продукти	115
III	Тонкі палички, іноді в ланцюжках	0,5—0,6— 1,0—4,4	Сири	52
IV	Коки, диплококи, ланцюги	0,6—0,8	Некомерційні молочні продукти	82
V	Клітини сферичної чи овальної форми	2,0—5,0— 5,4—7,5	Ферментована рослинна сировина	47

У результаті виділено та ідентифіковано до виду чисті культури мікроорганізмів, а саме: *Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus acidophilus*. Отриманий банк чистих культур далі використовували як селекційне поле для скринінгу штамів лактобактерій, здатних до утворення молочних згустків щільної, в'язкої консистенції.

За показником ефективної в'язкості проведено скринінг 12 штамів *S. thermophilus* та 7 штамів *L. acidophilus*. Показано, що здатність продукувати ЕПС і в такий спосіб впливати на реологічні властивості продуктів ферментації є штамоспецифічною характеристикою, яка варіює в широких межах (рис. 1).

Так, у штамів *S. thermophilus* величина коефіцієнта В знаходилась у діапазоні від 25,3 Па·с (штам St/1) до 64,0 Па·с (штам СТ-гр); у штамів *L. acidophilus* — у діапазоні від 2,3 Па·с (штам Lb1) до 51,7 Па·с (штам LF).

Найменші значення ефективної в'язкості показали згустки, утворені штамом *S. thermophilus* St/1 та штамами *L. acidophilus* Lb1, Lb2, Lb4, Lb5 (рис. 1). Структурно-механічні характеристики згустків, ферментованих штамами *S. thermophilus* СТ-гр, *S. thermophilus* O-4, *S. thermophilus* Et-1 та штамами *L. acidophilus* LF, Lb3, були більш прийнятними порівняно з іншими варіантами. Ці згустки характеризувались стійкістю до механічного руйнування та високою тиксотропністю, що свідчить про перспективу залучення цих штамів до складу заквасок для кисломолочних напоїв, як природних згущувачів консистенції.

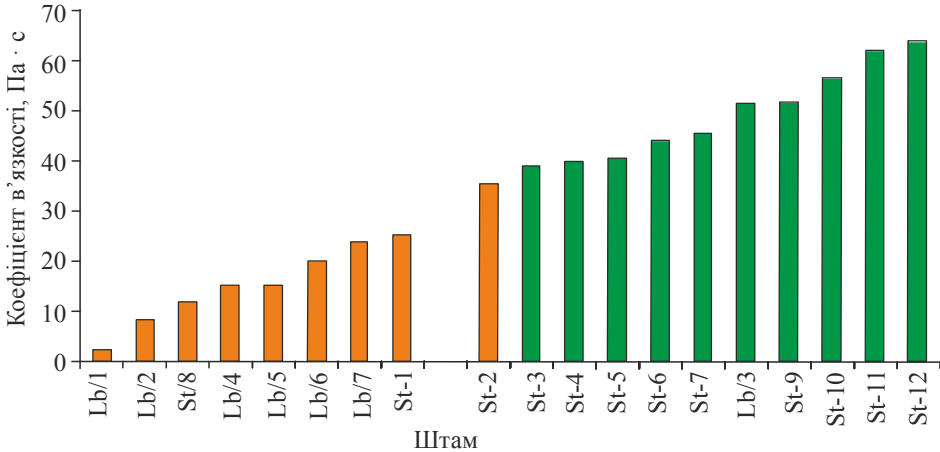


Рис. 1. Розподіл штамів *S. thermophilus* та *L. acidophilus* за показником ефективної в'язкості утворених ними кисломолочних згустків

Відомо, що хімічні харчові добавки, такі як: нітрит, сульфїт, пропіонова кислота, сорбінова та бензойна кислоти, застосовуються в технології збереження продуктів харчування. Як альтернативу показано ефективність використання штамів лактобактерій з високою антимікробною активністю для довготривалого збереження продуктів харчування завдяки їх мікробіологічним, фізіологічним і технологічним властивостям [6].

Тому другим напрямом наших досліджень був пошук штамів-антагоністів, які б проявляли інгібуючу активність щодо розвитку патогенних бактеріальних штамів та запобігали псуванню ферментованих молочних продуктів. У табл. 2 подано результати досліджень штамів за показниками технологічної та функціональної активності.

Таблиця 2. Показники технологічної та функціональної активності штамів

Показник	<i>L. acidophilus</i> (n = 17)	<i>S. thermophilus</i> (n = 32)
1	2	3
Чисельність у молоці*, lg КУО/см ³	8,20—8,47	8,34—8,50
Зниження вмісту лактози*, %	28,6—31,1	26,3—25,5
Межа кислотоутворення**, °T	280±5	110±5
Фагостійкість	+	+

1	2	3
Антагоністична активність**, зона відсутності росту тест-культур у мм		
<i>Escherichia coli</i> 0113	28±1	26±1
<i>Proteus vulgaris</i> 2029	27±2	23±1
<i>Staphylococcus aureus</i> 209	24±1	18±1
<i>Enterococcus cloaceae</i>	25±1	19±1
<i>Shigella sonnei</i> 12S	19±1	15±1
<i>Bacillus subtilis</i>	20±1	18±1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> 9027	22±1	19±1

* — мінімальне та максимальне значення; ** — середнє значення; P < 0,05

Встановлено, що відібрані штами лактобактерій були активними продуцентами молочної кислоти, проявляли високу антагоністичну активність стосовно широкого спектра патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів, які належали до таких родів: *Escherichia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Shigella*, *Bacillus* та *Staphylococcus*.

Відомо, що ферментативна дія специфічних штамів лактобактерій призводить до усунення токсичних або антипоживних чинників, таких як лактоза та галактоза з ферментованих молочних продуктів. Тому було досліджено такі біотехнологічні характеристики штамів, як: рівень молокозідальної активності та урожайність бактерій, енергію кислотоутворення, здатність знижувати рівень лактози за ферментації молока. Показано, що відібрані штами знижували вміст лактози на 26—31% залежно від штаму (табл. 2). Споживання продуктів із такими культурами буде запобігати непереносимості лактози та накопиченню галактози у ферментованих продуктах.

Особливу увагу приділили відбору штамів лактобактерій, що характеризуються стійкістю до вірулентних бактеріофагів, оскільки останні становлять серйозну проблему для молочної промисловості. Для дотримання суворих санітарних умов виробництва, рішенням є використання фагорезистентних культур. Нині в молочній промисловості застосовуються у великих масштабах штами, які набули фагостійкості саме природними механізмами, без генної модифікації [7].

Ми відібрали штами, що характеризувались стійкістю до видоспецифічних вірулентних фагів (21 шт.), виділених на підприємствах України. У підсумку проведених досліджень за комплексом ознак відібрано біотехнологічно активні штами *L. acidophilus* 3138, *S. thermophilus* O-4, СТ-гр та Et-1, які задепоновано у Національному депозитарії промислових мікроорганізмів ІМВ НАН України.

Висновки

У результаті дослідження відібрано 3 штами *S. thermophilus* та 1 штаму *L. acidophilus*, які характеризувались низкою біотехнологічних властивостей та є перспективними для промислового впровадження. Штами, відібрані за здатністю до продукції екзополісахаридів, високою антимикробною активністю та фагорезистентністю, можуть бути застосовані у складі комплексних заквашувальних культур у виробництві йогуртів, біойогуртів, кисломолочних

напоїв для забезпечення процесу ферментації навіть за умови фагової інфекції, для покращення текстури ферментованого молока, підвищення його реологічних властивостей і стабілізації продуктів при зберіганні.

Література

1. De Vuyst L., De Vin F., Vaningelgem F., Degeest B. Recent developments in the biosynthesis and applications of heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*. 2001. Vol. 11. P. 687—707.
2. Duboc P., Mollet B. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *International Dairy Journal*. 2001. Vol. 11. P. 759—768.
3. Інструкція щодо організації виробничого мікробіологічного контролю на підприємствах молочної промисловості / Єресько Г. О. та ін. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2014. 372 с.
4. Касьянова Н. О., Скорченко Т. А. Дослідження реологічних властивостей кисломолочних десертів з натуральними соками. *Молочна промисловість*. 2004. № 1(10). С. 20—23.
5. Everson T. C. Control of phage in dairy plant. 1991. *Bull. IDF*. Vol. 263. P.24—28.
6. Cleveland J., Montville T. J., Nes I. F., Chikindas M. L. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*. 2001. Vol. 71. P. 1—20.
7. Moineau S. Applications of phage resistance in lactic acid bacteria. *International Journal of General and Molecular Microbiology*. 1999. Vol. 76. P. 377—382.

AN ESTIMATION OF TECHNOLOGIES OF PROCESSING OF THE SECOND AGRICULTURAL RAW MATERIAL AND BRINGING OF ORGANIC FERTILIZERS IS AFTER EMISSION OF NITROGEN

V. Kuyanov, V. Targonya, O. Myropolskyi

Institute of Post-Diploma Training of National University of Food Technologies

Key words:

*Agrotechnologies
Emission of nitrogen
biotechnological
Administration
Agrobiosistema*

Article history:

Received 14.05.2019
Received in revised form
30.05.2019
Accepted 14.06.2019

Corresponding author:

V. Kuyanov
E-mail:
ipdo_agro@ukr.net

ABSTRACT

The analysis and substantiation of technological methods of nitrogen emission reduction on the basis of the calculation-graphic method of constructing the material balance of existing and hypothetical variants of agrotechnologies are presented.

The basic technological methods are defined:

1. Accumulation and processing of pumice biomass: use of closed and semi-closed fermentation systems of manure biomass and manure storage facilities allows to reduce the emission to 5%; use of storage containers for liquid and semi-liquid manure with a reduced surface of contact with atmospheric air; add to liquid and semi-liquid manure and 5 to 15% superphosphate washed. At the same time, nitrogen losses are reduced by 3 to 4 times, and the use of fertilizers increases. Ammonia, which is formed by manure fermentation, converts calcium salts of phosphoric acid into ammonium-readily soluble; use of humidified biofilters with EM preparations for cleaning and utilization of exhaust air of livestock facilities and gas phase with accelerated anaerobic composting; use as natural substrates of sorbents — rocks with high ion exchange, adsorption and catalytic ability (zeolites, glauconites, saponites, vermiculites, etc.).

2. The introduction of organic and mineral fertilizers. the use of scientifically grounded fertilizer application, the establishment of the limit for the introduction of nitrogen fertilizers, which is taken into account when calculating the rates of mineral fertilizers, nitrates and nitrites in agricultural products; use of nitrification inhibitors, which reduce fertilizer nitrogen losses by 2—2.5 times and increase yield by 15—38%; use of soil fertilizer application, which reduces nitrogen losses to 5%.

Production and use of prolonged organo-mineral fertilizers on the basis of the use of natural sorbents, biohumus, humus-suppressing preparations and biopreparations, which allow to increase the efficiency of fertilizer use by 20—50% and have nitrate-protective effect on crop production. Integrated use of technological methods of reducing nitrogen emissions in agricultural production will prevent environmental pollution and reduce energy costs for plant production by 15—20% due to reduced use of energy intensive nitrogen mineral fertilizers.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-6

ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ЗМЕНШЕННЯ ЕМІСІЇ АЗОТУ В АГРОБІОСИСТЕМАХ

В. В. Куянов, В. С. Таргоня, О. М. Миропольський

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

У статті проаналізовано й обґрунтовано технологічні прийоми зменшення емісії азоту на основі розрахунково-графічного методу побудови матеріального балансу існуючих і гіпотетичних варіантів агротехнологій.

Визначено основні технологічні прийоми. Накопичення і переробка гнойової біомаси передбачає: використання закритих і напівзакритих систем ферментації гнойової біомаси і сховищ гною, що дає змогу знизити емісію до 5%; використання накопичувальних місткостей для рідкого і напіврідкого гною із зменшеною поверхнею контакту з атмосферним повітрям; додавання в рідкий і напіврідкий гній і послід 5—15% суперфосфату. При цьому втрати азоту зменшуються в 3—4 рази, підвищується ефективність використання добрив. Аміак, який утворюється при ферментації гною, перетворює кальцієві солі фосфорної кислоти в легкорозчинні амонійні; використання зволожуваних біофільтрів з ЕМ-препаратами для очищення й утилізації відпрацьованого повітря тваринницьких приміщень і газової фази при прискореному анаеробному компостуванні; використання як складових підстилки природних сорбентів — порід з високою іонообмінною, адсорбційною і каталітичною здатністю (цеоліти, глауконіти, сапоніти, вермикуліти тощо).

З'ясовано, що внесення органічних і мінеральних добрив передбачає: використання науково обґрунтованих норм внесення добрив, встановлення межі внесення азотних добрив, яка враховується при розрахунках норм мінеральних добрив, нітратів і нітриту в сільськогосподарській продукції; використання інгібіторів нітрифікації, які в 2—2,5 рази зменшують втрати азоту добрив і підвищують врожайність на 15—38%; використання внутрішнього ґрунтового внесення рідких добрив знижує втрати азоту до 5%; виробництво і використання органо-мінеральних добрив пролонгованої дії на основі природних сорбентів, біогумусу, гумусовмісних препаратів і біопрепаратів, які дають змогу на 20—50% підвищити ефективність використання добрив і мають нітратпротекторну дію на продукцію рослинництва.

Інтегроване використання технологічних прийомів зменшення емісії азоту в сільськогосподарському виробництві дасть змогу запобігти забрудненню довкілля і зменшити енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва на 15—20% за рахунок зменшення використання енергоємних азотних мінеральних добрив.

Ключові слова: агротехнології, емісія азоту, біотехнологічні прийоми, агробіосистеми.

Постановка проблеми. Азот — один з основних елементів, який має безпосереднє загальнобіологічне значення. Без азоту неможливий синтез

білка, без якого неможливе життя. Азот був і залишається елементом, що лімітує врожайність, а його поступова акумуляція в ґрунтах — основний чинник родючості. В результаті досліджень встановлено, що на 1 кг азоту добрив можливі додатково одержати 16 кг зерна, 30—40 кг коренеплідів цукрового буряка, 20—30 кг сіна лугових трав, 4 кг м'яса, 21 л молока [1; 2].

У зв'язку зі зменшенням поголів'я тварин в Україні і перехідним періодом зміни форм власності в сільськогосподарському виробництві забезпеченість землеробства органічними добривами складає близько 20 % від необхідної, а мінеральними добривами — 10%.

Усереднені витрати енергії на добриво при вирощуванні різних культур складають від 40 до 72%. Найбільш енергоємними є азотні добрива. Для виробництва 1 кг діючої речовини необхідні 86,8 МДж енергії (2,9 кг умовного палива) [3].

У той же час втрати азоту при накопиченні і переробці гною в традиційні органічні добрива можуть досягати до 40—50%, а при подальшому поверхневому внесенні отриманих добрив — до 40% [1].

За умов помірної застосування добрив вважається, що рослини використовують приблизно 50—70% внесеного в перший рік азоту, приблизно 20% денітрифікується до стану вільного азоту, до 10% і більше амонійного азоту поглинається ґрунтовими мінералами, 2—5% (на легких ґрунтах до 20%) вививається у вигляді нітратів в нижні шари ґрунту. Рухомі форми азоту, які не засвоєні рослинами або не перейшли в необоротні форми, є прямим джерелом забруднення довкілля [1].

Все це обумовлює необхідність і доцільність використання в сільськогосподарському виробництві біотехнологічних прийомів з метою зменшення емісії азоту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання підвищення обґрунтування технологічних прийомів зменшення емісії азоту та ефективності застосування мінеральних і органічних добрив досліджено в наукових працях В. В. Горлачука, Г. А. Мазура, В. А. Голян, В. Ф. Сайка О. А. Корчинської, А. М. Москаленко [4—8], S. G. Sommer, N. J. Hutchings, N. Anderson, R. Strader, C. Davidson [9; 10]. Проблема скорочення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел наразі має міжнародне значення [9—11].

Проте більшість цих питань, залишаючись актуальними на сучасному етапі постіндустріального розвитку агропромислового виробництва, потребують подальшої розробки.

Мета статті: проаналізувати та обґрунтувати технологічні прийоми зменшення емісії азоту на основі розрахунково-графічний методу побудови матеріального балансу існуючих і гіпотетичних варіантів агротехнологій.

Матеріали і методи. Для обґрунтування технологічних прийомів зменшення емісії азоту використано розрахунково-графічний метод побудови матеріального балансу потоків речовини в агробіоценозах (Е. Одум, 1968) [14] з урахуванням можливих синергетичних і взаємовиключних ефектів. Як інформацію про можливі надходження та втрати азоту в різних варіантах агротехнологій було використано результати польових досліджень ґрунто-

захисних систем землеробства в Україні [15], рекомендації Європейської економічної комісії ООН зі скорочення викидів аміаку із сільськогосподарських джерел [11—13], а також результати власних досліджень комплексного використання агротехнологічних прийомів і біотехнологічних альтернатив у землеробстві [16].

Викладення основних результатів дослідження. На основі аналізу результатів польових досліджень технологій біологічного виробництва продукції рослинництва, а також вітчизняних даних про використання технологічних прийомів зменшення емісії азоту обрано раціональні, підтверджені у виробничих умовах технологічні прийоми зменшення втрат азоту в сучасному агропромисловому виробництві.

Існують технологічні прийоми зменшення емісії азоту. Так, накопичення і переробка гнойової біомаси передбачає:

1. Використання закритих і напівзакритих систем ферментації гнойової біомаси і сховищ гною, що дає змогу знизити емісію до 5%.

2. Використання накопичувальних місткостей для рідкого і напіврідкого гною із зменшеною поверхнею контакту з атмосферним повітрям.

3. Додавання в рідкий і напіврідкий гній і послід 5—15% суперфосфату. При цьому втрати азоту зменшуються в 3—4 рази, підвищується ефективність використання добрив. Аміак, який утворюється при ферментації гною, перетворює кальцієві солі фосфорної кислоти в легкокорозійні амонійні.

4. Використання зволожуваних біофільтрів з ЕМ-препаратами для очищення й утилізації відпрацьованого повітря тваринницьких приміщень і газової фази при прискореному анаеробному компостуванні.

5. Використання як складових підстилки природних сорбентів — порід з високою іонообмінною, адсорбційною і каталітичною здатністю (цеоліти, глауконіти, сапоніти, вермикуліти тощо).

Внесення органічних і мінеральних добрив передбачає:

1. Використання науково обґрунтованих норм внесення добрив, встановлення межі внесення азотних добрив, яка враховується при розрахунках норм мінеральних добрив, нітратів і нітриту в сільськогосподарській продукції.

2. Використання інгібіторів нітрифікації, які в 2—2,5 рази зменшують втрати азоту добрив і підвищують врожайність на 15—38%.

3. Використання внутрішньо ґрунтового внесення рідких добрив, яке дає змогу знизити втрати азоту до 5%.

4. Виробництво і використання органо-мінеральних добрив пролонгованої дії на основі природних сорбентів, біогумусу, гумусовмісних препаратів і біопрепаратів, які дають змогу на 20—50% підвищити ефективність використання добрив і мають нітратпротекторну дію на продукцію рослинництва.

Для вибору технологічних прийомів та їх обґрунтування було використано розрахунково-графічний метод побудови матеріального балансу існуючих і гіпотетичних варіантів агротехнологій. На рис. 1 представлений приблизний баланс азоту в індустріальних агробіосистемах при розриві малого колообігу речовин.

На рис. 2 представлений гіпотетичний приблизний баланс азоту в агробіосистемі при використуванні інтегрованих біотехнологічних прийомів зменшення емісії азоту.

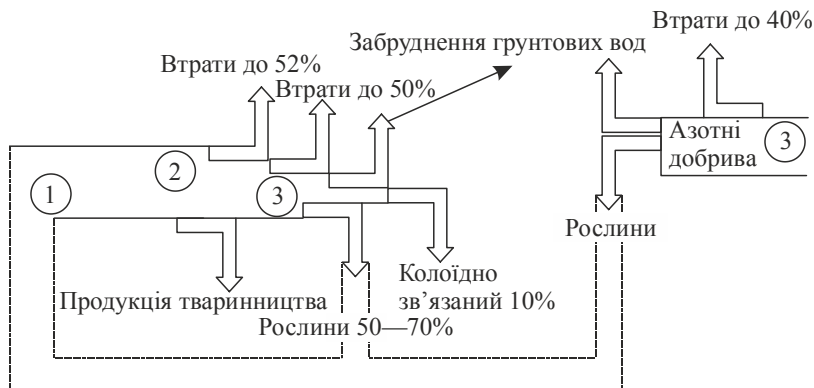


Рис. 1. Наближений баланс азоту в індустріальних агробіосистемах при розімкненні малого колообігу речовин:

1 — тваринництво; 2 — зберігання і переробка гнойової біомаси; 3 — внесення добрив

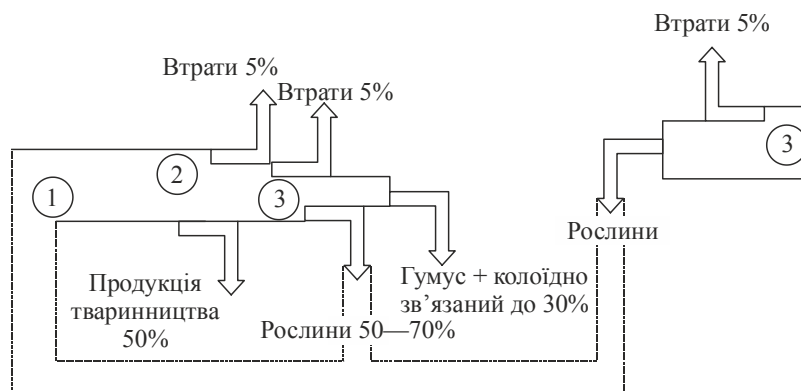


Рис. 2. Гіпотетичний наближений баланс азоту в агробіосистемі

при застосуванні інтегрованих технологічних прийомів зменшення емісії азоту:

1 — тваринництво; 2 — зберігання і переробка гнойової біомаси; 3 — внесення добрив

Як свідчать результати аналізу матеріальних балансів існуючих і гіпотетичних варіантів агротехнологій інтегроване використання технологічних прийомів зменшення емісії азоту в сільськогосподарському виробництві дасть змогу запобігти забрудненню довкілля і зменшити енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва на 15—20% за рахунок зменшення використання енергоємних азотних мінеральних добрив.

Особливо перспективним є використання метанового зброджування для виробництва рідких органічних добрив. Закриті реакторні системи практично усувають втрати азоту, а подальше використання систем ґрунтового поливу отриманими поживними розчинами їх мінімізує, що повністю вирішує питання удобрення азотними добривами при біологічному вирощуванні продукції рослинництва.

Висновки

Інтегроване використання технологічних прийомів зменшення емісії азоту в сільськогосподарському виробництві дасть змогу запобігти забрудненню довкілля і зменшити енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва на 15—20% за рахунок зменшення використання енергоємних азотних мінеральних добрив.

Перспективним є подальше розроблення та впровадження у виробництво використання біологічно активних гуміномістких добрив (біогумусів) і мікробіологічних препаратів підвищення врожайності.

Література

1. Голян В. А., Крисак А. І. Еколого-економічні проблеми землекористування в Україні. *Актуальні проблеми економіки*. 2007. № 1. С. 117—124.
2. Горлачук В. В. Землекористування на межі тисячоліть: монографія. Львів: НВФ «Українські технології», 2001. 130 с.
3. Дегодюк Е. Г., Мамонтов В. Т., Гамалей В. І. Екологічні основи використання добрив. Київ: Урожай, 1988. 232 с.
4. Корчинська О. А. Організаційно-економічне регулювання розширеного відтворення родючості ґрунтів: монографія. Київ: ННЦ ІАЕ, 2015. 360 с.
5. Кравчук В., Кушнарьов А., Таргоня В., Павлишин М., Гусар В. Біосфера та агротехнології: інженерні рішення: навчальний посібник; Міністерство аграрної політики та продовольства України: УкрНДПБТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, 2015. 239 с.
6. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів / за ред. В. Ф. Сайка. Київ: Аграрна наука, 2008. 306 с.
7. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 206 с.
8. Методичні рекомендації зі скорочення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел: матеріали Рамкового кодексу належної сільськогосподарської практики зі скорочення викидів аміаку Європейської економічної комісії ООН. Київ: 2016. 31 с.
9. Москаленко А. М., Волкогон В. В. Економічне обґрунтування екологічно безпечної стратегії застосування мінеральних добрив. *Актуальні проблеми економіки*. 2015. № 9. С. 286—293 (англ. мовою).
10. Одум Е. Экология / Одум Е.; пер. с англ. М.: Просвещение, 1968. 168 с.
11. Сайко В. Ф. Вибрані наукові праці. Київ: Аграрна наука, 2011. 444 с.
12. Шевчук М. Й. Використання нетрадиційних ресурсів у сільському господарстві: збірник наукових статей і доповідей. Луцьк: УААН Поліська філія ІГА ім. Соколовського, 1997. 192 с.
13. Шикуча М. К. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні.; Національний аграрний університет України. К.: Оранта, 2000. 389 с.
14. Anderson N., Strader R., Davidson C. Airborne reduced nitrogen: ammonia emissions from agriculture and other sources / *Environment International*, - Volume 29, Issues 2—3, June 2003, P. 277—286.
15. Convention on long-range transboundary air pollution [Електронний ресурс] / United Nations. Geneva, 1979. 7 p. URL:<http://www.unece.org/env/lrtap/executivebody/welcome.html>.
16. Sommer S. G., Hutchings N. J. Ammonia emission from field applied manure and its reduction-invited paper / *European Journal of Agronomy*. Volume 15, Issue 1, September 2001, P. 1—15.
17. Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. *United Nations Economic Commission for Europe*. 2015. 32 p.

EXOPOLYSACCHARIDE ETHAPOLAN SYNTHESIS ON MOLASSES AND SUNFLOWER OIL MIXTURE DEPENDING ON THE METHOD OF MOLASSES PREPARATION

A. Voronenko, M. Ivakhniuk, T. Pirog
National University of Food Technologies

Key words:

Acinetobacter sp. IMV B-7005
Biosynthesis
Ethapolan
Pretreatment of molasses
Mixture of molasses and sunflower oil

Article history:

Received 16.05.2019
Received in revised form 29.05.2019
Accepted 20.06.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The influence of molasses preparation method (treatment with solution of sulfate acid before sterilization for decomposition of sucrose to monosaccharides, followed by neutralization after hydrolysis, or without neutralization) on exopolysaccharide ethapolan synthesis by *Acinetobacter sp. IMV B-7005* on this substrate and refined (or waste) sunflower oil mixture has been studied. The amount of synthesized ethapolan was determined gravimetrically after precipitation with isopropanol. The exopolysaccharide-synthesizing ability was calculated as the ratio of the exopolysaccharide concentration to the concentration of biomass. It has been established, that using neutralized after sterilization molasses in mixture with refined oil was accompanied by increase in amount of synthesized exopolysaccharide in 1.15—1.25 times, compared to using simple hydrolyzed molasses. In the case of refined oil replacing in a mixture with molasses on a various batches of mixed waste oil (after frying potatoes, meat, vegetables and mixed, from “Rocker-Pub”, Kyiv) the ethapolan synthesis rates did not differ from those on a mixture of molasses and refined substrate. The highest amount of synthesized polysaccharide (15.3—16.0 g/l) was observed at 3.0% concentration of neutralized molasses and mixed waste oil in mixture with using inoculum, which was grown on the corresponding oil. At the same time the highest exopolysaccharide-synthesizing ability (3.6 g exopolysaccharide/g biomass) was observed at lower (1.5%) monosubstrates concentrations in mixture and with using non-neutralized after hydrolysis molasses. The obtained results confirm the possibility of universal technology development for obtaining microbial exopolysaccharide ethapolan on a mixture of molasses and waste (fried) sunflower oil.

СИНТЕЗ ЕКЗОПОЛІСАХАРИДУ ЕТАПОЛАНУ НА СУМІШІ МЕЛЯСИ ТА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ПІДГОТОВКИ МЕЛЯСИ

А. А. Вороненко, М. О. Івахнюк, Т. П. Пирог
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив способу підготовки м'яса (обробка розчином сульфатної кислоти перед стерилізацією для розкладання сахарози до моносахаридів з подальшою нейтралізацією після гідролізу або без нейтралізації) на синтез екзополісахариду етаполану штамом *Acinetobacter sp. IMB B-7005* на суміші цього субстрату та рафінованої (або змішаної відпрацьованої соняшникової олії). Концентрацію етаполану визначали ваговим методом після осадження ізопропанолом. Екзополісахарид-синтезувальну здатність розраховували як відношення концентрації полісахариду до концентрації біомаси.

Встановлено, що використання нейтралізованої після стерилізації м'яса в суміші з рафінованою олією супроводжувалося підвищенням кількості синтезованого етаполану у 1,15—1,25 рази порівняно із застосуванням звичайної гідролізованої м'яса. При заміні рафінованої олії на різні партії змішаної відпрацьованої (після смаження м'яса, картоплі, цибулі, сиру; «Rocker Rib», Київ) показники синтезу етаполану практично не відрізнялися від таких на суміші м'яса та рафінованого субстрату. Найвища концентрація синтезованого полісахариду (15,3—16,0 г/л) досягалася за концентрації нейтралізованої м'яса та змішаної відпрацьованої олії у суміші 3,0 % та використанні інокуляту, вирощеного на відповідній олії. Водночас найвища екзополісахарид-синтезувальна здатність (3,6 г екзополісахариду/г біомаси) спостерігалася за нижчої (1,5%) концентрації монособстратів у суміші та використанні не нейтралізованої після гідролізу м'яса. Отримані результати підтверджують можливість розробки універсальної технології одержання етаполану на суміші м'яса та змішаної відпрацьованої (пересмаженої) соняшникової олії.

Ключові слова: *Acinetobacter sp. IMB B-7005*, біосинтез, етаполан, обробка м'яса, суміш м'яса та соняшникової олії.

Постановка проблеми. Мікробні екзополісахариди (ЕПС) — це високомолекулярні полімери вуглеводної природи, які завдяки своїм фізико-хімічним властивостям набули широкого використання в різних галузях промисловості [12]. Нині більшість даних практично цінних сполук отримують на основі вуглеводної сировини, яку в деяких випадках замінюють на більш дешеві промислові відходи [5]. Нещодавно в літературі почали з'являтися поодинокі повідомлення про біосинтез ЕПС на олієвмісних субстратах, проте до теперішнього часу інформація про їх синтез на відпрацьованих оліях відсутня [5]. Обмеженою залишається інформація й про одержання мікробних ЕПС на суміші субстратів.

У нашій попередній статті [6] показано можливість синтезу мікробного ЕПС етаполану (продуцент *Acinetobacter* sp. ІМВ В-7005) на суміші меляси (побічний продукт цукрового виробництва) та соняшникової олії. Подальші дослідження дали змогу замінити рафіновану олію у змішаному субстраті на різні типи відпрацьованої (після смаження картоплі, м'яса, овочів та змішану). Встановлено, що найвищі показники синтезу полісахариду (концентрація ЕПС 14 г/л, а ЕПС-синтезувальна здатність 3,5 г ЕПС/г біомаси) спостерігалися за використання змішаної відпрацьованої олії як для одержання посівного матеріалу, так і біосинтезу ЕПС.

Зазначимо, що у дослідженнях використовували гідролізовану мелясу, що зумовлено низькою активністю у штаму ІМВ В-7005 ферментних систем, які здійснюють розкладання сахарози [11; 12], вміст якої в мелясі, зазвичай, становить 45—55% [10]. У той же час використання такої меляси, рН якої після гідролізу становить 4,0—4,5, призводить до зниження початкового значення рН середовища культивування до 5,8—6,0, що є неоптимальним для росту продуцента і синтезу ЕПС.

Раніше було показано, що використання нейтралізованої після гідролізу меляси у суміші з C_2 -субстратами (етанол, ацетат) дало змогу не лише уникнути зниження початкового значення рН, а й супроводжувалося підвищенням показників синтезу етаполану [11].

У зв'язку з викладеним вище **метою статті** є дослідження впливу способу підготовки меляси на синтез етаполану на суміші цього субстрату та соняшникової олії (рафінованої та змішаної відпрацьованої).

Матеріали і методи. Об'єктом досліджень був продуцент екзополісахариду етаполану штаму *Acinetobacter* sp., депонований в Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології Національної академії наук України за номером ІМВ В-7005.

Штам ІМВ В-7005 вирощували у рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): KH_2PO_4 — 6,8; KOH — 0,9; $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ — 0,4; $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ — 0,1; NH_4NO_3 — 0 (у середовищі для біосинтезу) та 0,2 (у середовищі для одержання інокуляту); $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ — 0,001.

У середовище додатково вносили 0,5% (об'ємна частка) дріжджового автолізу, а також мультівітамінний комплекс «Комплевіт» в концентрації 0,00085 % (масова частка в перерахунку на пантотенат). Штам ІМВ В-7005 є ауксотрофом за пантотенатом.

Як джерело вуглецю та енергії використовували суміш меляси (масовою часткою 1,5—4,0% за вуглеводами) та соняшникової олії (об'ємною часткою 1,5—4,0%). В одному з варіантів рафіновану олію замінювали на різні партії змішаної відпрацьованої олії (після смаження м'яса, картоплі, цибулі, сиру; «Rocker Pub», Київ). Відбір олії проводився тричі через кожні два місяці.

Гідроліз меляси здійснювали так: до 100 г меляси додавали дистильовану воду до кінцевого об'єму 200 мл, отриманий розчин підкислювали 1 н H_2SO_4 до рН 4,0 і стерилізували при 112°C упродовж 30 хв. В одному з варіантів використовували мелясу, яку після стерилізації нейтралізували (рН 6,5—7,0) стерильним 10% розчином KOH .

Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту (18—24 год), вирощену на середовищі, що містило як джерело вуглецю та енергії рафіновану (0,5%) або змішану відпрацьовану соняшникову олію (0,5%). Концентрація посівного матеріалу становила 10% від загального об'єму середовища.

Культивування штаму ІМВ В-7005 здійснювали в колбах (750 мл) із 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) при температурі 30°C упродовж 120 год. Концентрацію біомаси визначали за оптичною густиною клітинної суспензії з подальшим перерахунком на суху біомасу відповідно до калібрувального графіка.

Кількість синтезованого етаполану визначали ваговим методом. Для цього до певного об'єму культуральної рідини (зазвичай 10—15 мл) додавали 1,5—2 об'єми ізопропанолу, осад ЕПС промивали чистим ізопропанолом і висушували при кімнатній температурі упродовж 24 год. ЕПС-синтезувальну здатність розраховували як відношення концентрації ЕПС до концентрації сухої біомаси та виражали у г ЕПС / г біомаси.

Статистичну обробку даних проводили за Лакіним [9]. Результати досліджень згідно з *t*-критерієм Стьюдента виявилися статистично достовірними при 5-відсотковому рівні значимості.

Результати і обговорення. На першому етапі досліджували вплив способу підготовки меляси на синтез етаполану при культивуванні штаму ІМВ В-7005 на суміші цього субстрату та рафінованої олії.

Як видно з наведених у табл. 1 даних, незалежно від вмісту нейтралізованої меляси й олії у суміші (1,5—4,0%) кількість синтезованого полісахариду була у 1,15—1,25 раза вищою, ніж за використання звичайної гідролізованої меляси. Найвища концентрація етаполану (16,3 г/л) спостерігалася за концентрації монособстратів у суміші 3,0%. Зазначимо, що під час культивування продуценту етаполану на суміші нейтралізованої меляси та олії спостерігали підвищення рівня не тільки полісахариду, а й біомаси, що, у свою чергу, супроводжувалося зниженням ЕПС-синтезувальної здатності (див. табл. 1).

Таблиця 1. Синтез етаполану на суміші меляси та рафінованої олії залежно від способу підготовки меляси

Концентрація меляси та олії у суміші, %	Спосіб підготовки меляси	pH _{кін}	ЕПС, г/л	ЕПС-синтезувальна здатність, г ЕПС / г біомаси
Меляса, 1,5 + олія, 1,5	Нейтралізація	7,0	12,15±0,61	2,25±0,11
	Без нейтралізації	6,9	10,09±0,50	3,60±0,18
Меляса, 2,0 + олія, 2,0	Нейтралізація	7,0	14,45±0,72	2,59±0,13
	Без нейтралізації	6,9	11,54±0,58	3,02±0,15
Меляса, 3,0 + олія, 3,0	Нейтралізація	7,3	16,25±0,81	1,95±0,10
	Без нейтралізації	6,8	13,09±0,65	3,11±0,16
Меляса, 4,0 + олія, 4,0	Нейтралізація	7,3	12,33±0,62	1,68±0,08
	Без нейтралізації	6,7	10,67±0,53	2,83±0,14

Примітка. Посівний матеріал вирощували на рафінованій олії.

У попередніх дослідженнях [6] було встановлено, що найвищі показники синтезу етаполану досягалися у разі використання в суміші з мелясою змішаної (після смаження м'яса, картоплі, цибулі, сиру) пересмаженої олії. У той же час відомо, що відпрацьована олія є субстратом непостійного складу, і її якість значною мірою залежить від режиму смаження, кратності й типу приготованих страв [8].

У зв'язку з цим на наступному етапі досліджували синтез етаполану на суміші нейтралізованої меляси та різних партій змішаної пересмаженої олії.

Результати показали, що незалежно від партії змішаної відпрацьованої олії концентрація синтезованого етаполану практично не змінювалася для однієї і тієї ж концентрації моносубстратів у суміші (табл. 2). Незначне зниження показників синтезу порівняно з використанням рафінованого субстрату (табл. 1) може бути зумовлене наявністю у пересмаженій олії токсичних сполук (альдегіди, вільні радикали тощо) [8].

Таблиця 2. Вплив партії змішаної відпрацьованої олії у суміші з нейтралізованою мелясою на синтез етаполану

Концентрація нейтралізованої меляси та змішаної відпрацьованої олії* у суміші, %	pH _{кін}	ЕПС, г/л	ЕПС-синтезувальна здатність, г ЕПС/ г біомаси
Меляса, 1,5 + олія (1), 1,5	7,0	11,28±0,56	1,43±0,07
Меляса, 1,5 + олія (2), 1,5	7,2	11,73±0,59	2,16±0,11
Меляса, 1,5 + олія (3), 1,5	7,2	10,28±0,51	1,17±0,06
Меляса, 2,0 + олія (1), 2,0	7,1	12,23±0,61	1,29±0,06
Меляса, 2,0 + олія (2), 2,0	7,2	12,93±0,65	1,78±0,09
Меляса, 2,0 + олія (3), 2,0	7,3	13,51±0,68	1,39±0,07
Меляса, 3,0 + олія (1), 3,0	7,4	16,02±0,80	1,96±0,10
Меляса, 3,0 + олія (2), 3,0	7,6	15,28±0,76	1,47±0,07
Меляса, 3,0 + олія (3), 3,0	7,4	15,28±0,76	1,50±0,08

Примітка. * — У дужках наведено номер партії пересмаженої олії («Rocker Pub», Київ). Посівний матеріал вирощували на відповідній змішаній пересмаженій олії.

Значимо, що різні способи обробки меляси широко використовуються для підвищення показників синтезу ЕПС на цьому субстраті [1; 3; 4; 7].

Відомо, що меляса містить у своєму складі воду, сахарозу (45—55%), органічні кислоти, амінокислоти, вітаміни, а також мінеральні речовини, які являють собою карбонати, нітрати, хлориди і фосфати катіонів цинку, заліза, калію, магнію, алюмінію, нікелю тощо [10]. Більшість цих сполук сприяє росту мікроорганізмів та синтезу цільового продукту, але, з іншого боку, наявність у середовищі культивування важких металів може зумовлювати певні проблеми під час біосинтезу. Зокрема, вони здатні інгібувати ріст мікроорганізмів, впливати на рН субстрату та призводити до інактивації ферментів, які беруть участь у синтезі цільового продукту [1; 7]. У той же час такі інгібітори можуть бути частково вилучені в результаті попередньої обробки меляси кислотою, активованим вугіллям, кальцій фосфатом тощо.

Roukas [7] припускає, що підвищення показників синтезу пулулану штамом *Aureobasidium pullulans* P56 пов'язано з видаленням важких металів унаслідок

док обробки бурякової меляси сульфатною кислотою (рН після гідролізу доводили до 5,5). Концентрація полісахариду при цьому була на 61,8; 26,5; 31,2 та 30,6% вищою, ніж за обробки субстрату катіонообмінною смолою, кальцій фосфатом, фероціанідом калію та ЕДТА відповідно. За оптимальних умов культивування (концентрація меляси 70 г/л за вуглеводами, рН 6,5—7,5) кількість синтезованого полісахариду досягала 32 г/л.

Аналогічні результати були отримані і Аі зі співавт. [1]. Показано, що при культивуванні *Alcaligenes* sp. ATCC31555 на мелясі з цукрової тростини (78,9 г/л за вуглеводами), обробленої сульфатною кислотою (рН після гідролізу доводили до 7,0—7,2), отримано на 24,8 і 33,7% більше велану, порівняно з використанням обробленого активованим вугіллям та необробленим субстратом.

Зазначимо, що в цих дослідженнях відсутні відомості про вплив різних способів обробки меляси на кількісний вміст катіонів важких металів, а перевага обробки сульфатною кислотою пояснюється утворенням з ними нерозчинних сульфатів.

Вигідно в цьому плані відрізняються дослідження, проведені Кіçүкашiк із співавт [4]. Ці автори вивчали вплив різних способів обробки (кларифікація, обробка сульфатною кислотою, активованим вугіллям, кальцій фосфатом та їх комбінації) бурякової та крохмальної меляси (побічний продукт виробництва декстрози з крохмалевмісної сировини) на синтез левану помірно галофільними бактеріями *Halomonas* sp. AAD6. Експерименти показали, що кларифікація та обробка кислотою не впливають на концентрацію катіонів важких металів (Fe, Zn, Ni) в обох субстратах. У той же час кальцій фосфат виявився ефективною сполукою для селективного видалення з меляси катіонів Fe (70—80%) та Zn (до 70%), а обробка активованим вугіллям забезпечувала адсорбцію 20—40% Ni з досліджуваних зразків. При цьому найвищі показники синтезу ЕПС (12,4 г/л і 4,38 г/л) спостерігалися за послідовної комплексної обробки, відповідно, бурякової та крохмальної меляси (30 г/л) кальцій фосфатом, сульфатною кислотою, активованим вугіллям з подальшим доведенням рН субстрату до 7,0.

У [3] Свіјовiс із співавт. також показали, що обробка сульфатною кислотою не впливає на кількісний Fe, Ni, Cu та Zn. У той же час встановлено, що комплексна обробка кислотою (субстрат після гідролізу нейтралізовано КОН до рН 7,0) та активованим вугіллям дають змогу знизити вміст кальцію на 35%. При цьому кількість левану, синтезованого штамом *Bacillus licheniformis* NS032, на обробленій таким чином мелясі (100—200 г/л за вуглеводами) була у 4—5 разів нижчою, ніж за використання 200 г/л сахарози (концентрація ЕПС 51,6 г/л). Подальші дослідження показали, що для оптимального синтезу полісахариду (53,2 г/л) необхідним є додавання до обробленої меляси (125,2 г/л) сахарози (74,8 г/л).

Інші дослідники [2] повідомляють, що культивування штаму *Zyotomonas mobilis* ATCC 31821 на очищеній центрифугуванням мелясі з цукрової тростини (250 г/л за вуглеводами) призводить до накопичення значно нижчої концентрації левану (2,53 г/л), ніж за використання сахарози (21,7 г/л).

Висновки

Отже, у результаті проведеного дослідження доведено доцільність нейтралізації гідролізованої після стерилізації меляси для синтезу екзополісахариду етаполану на суміші цього субстрату та рафінованої (або змішаної відпрацьованої) соняшникової олії. Встановлено залежність синтезу етаполану від концентрації нейтралізованої меляси та олії у суміші, проте зміна партії відпрацьованої олії не супроводжувалася зниженням концентрації полісахариду. Найвища кількість синтезованих ЕПС (15,3—16,0 г/л) спостерігалася за концентрації нейтралізованої меляси та змішаної відпрацьованої олії у суміші 3,0% та використанні інокуляту, вирощеного на відповідній олії.

Отримані результати засвідчують можливість розробки універсальної технології одержання етаполану на суміші меляси та змішаної відпрацьованої (пересмаженої) соняшникової олії.

Література

1. Ai H., Liu M., Yu P., Zhang S., Suo Y., Luo P., Li S., Wang J. Improved welan gum production by *Alcaligenes* sp. ATCC31555 from pretreated cane molasses. *Carbohydr. Polym.* 2015. Vol. 129. P. 35—43.
2. de Oliveira M.R., da Silva R.S.S.F., Buzato J.B., Celligoi M.A.P.C. Study of levan production by *Zymomonas mobilis* using regional low-cost carbohydrate sources. *Biochem. Eng. J.* 2007. Vol. 37, № 2. P. 177—183.
3. Gojic-Cvijovic G. D., Jakovljevic D. M., Loncarevic B. D., Todorovic N. M., Pergal M. V., Ciric J., Loos K., Beskoski V. P., Vrvic M. M. Production of levan by *Bacillus licheniformis* NS032 in sugar beet molasses-based medium. *Int. J. Biol. Macromol.* 2019. Vol. 121. P. 142—151.
4. Küçükaşık F., Kazak H., Güney D., Finore I., Poli A., Yenigün O., Nicolaus B., Oner E. T. Molasses as fermentation substrate for levan production by *Halomonas* sp. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2011. Vol. 89, № 6. P. 1729—1740.
5. Pirog T. P., Ivakhniuk M. O., Voronenko A. A. Exopolysaccharides synthesis on industrial waste. *Biotechnol. acta.* 2016. Vol. 9, No. 2. P. 7—18.
6. Pirog T. P., Voronenko A. A., Ivakhniuk M. O. Intensification of microbial exopolysaccharide ethapolan biosynthesis on mixture of molasses and sunflower oil. *Biotechnol. acta.* 2017. Vol. 10, No. 4. P. 25—33.
7. Roukas T. Pretreatment of beet molasses to increase pullulan production. *Process Biochem.* 1998. Vol. 33, No. 8. P. 805—810.
8. Zhang Q., Saleh A.S., Chen J., Shen Q. Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: a review. *Chem. Phys. Lipids.* 2012. Vol. 165, No. 6. P. 662—681.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва, 1990. 352 с.
10. Маринченко В. О., Домарецький В. А., Шиян П. Л., Швець В. М., Циганков П. С., Жолнер І. Д. Технологія спирту. Вінниця, 2003. 496 с.
11. Пирог Т. П., Лашук Н. В., Зборовська Б. М. Синтез екзополісахариду етаполану в умовах міксотрофного росту *Acinetobacter* sp. УКМ В-7005 на суміші С₂-сполук і меляси. *Харчова промисловість.* 2007. № 5. С. 26—29.
12. Підгорський В. С., Іутинська Г. О., Пирог Т. П. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу. Київ, 2010. 327 с.

IMMUNOMODULATORY AND ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF PREPARATIONS ON THE BASIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE PROTEIN FRAGMENTS OF COLOSTRUM

I. Lych, A. Motsar, K. Soloshenko
National University of Food Technologies

Key words:

Bovine colostrum
Immunity
Protein fragments
Phagocytosis
Immunomodulatory properties
Antibacterial properties

Article history:

Received 06.05.2019
Received in revised form 28.05.2019
Accepted 19.06.2019

Corresponding author:

I. Lych
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

This paper explores the functional activity of phagocytic cells in models of phagocytes under the influence of the drug on the basis of biologically active protein fragments of colostrum of cows. Such indicators as the percentage of phagocytes PP (percentage of cells captured bacterial cells) and phagocytes number FN (average number of particles that absorbed phagocytes one cell) were defined. Antibacterial properties of colostrum of cows set the minimum inhibitory concentration of the drug based on biologically active protein fragments of colostrum of cows with different protein concentration and minimum inhibitory concentration of the drug based on biologically active protein fragments of colostrum of cows in combination with nonsteroidal anti-inflammatory drug (NSAID) used for the management of mild to moderate pain, fever, and inflammation — ibuprofen.

Determination of antibacterial properties of bioactive colostrum protein fragments was performed in terms of the minimum inhibitory concentration (MIC) using the method of gradual serial twofold dilutions in liquid medium. Research of immunomodulatory properties of the mixture of bioactive colostrum protein fragments was performed under conditions in vitro, using phagocytes blood of healthy rats.

The research of biologically active protein components of cow colostrum makes it possible to examine the role of non-specific immune colostrum antibacterial protection body and create products based on their functional purpose, that can stimulate the development of own immune system of the newborn, to protect his body from invading pathogenic agents and to protect various food allergies.

ІМУНОМОДУЛЮВАЛЬНІ ТА АНТИБАКТЕРІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРЕПАРАТУ НА ОСНОВІ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ БІЛКОВИХ ФРАГМЕНТІВ МОЛОЗИВА

І. В. Лич, А. В. Моцар, К. І. Солошенко

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено функціональну активність фагоцитарних клітин на моделі фагоцитів під впливом препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива корів. Визначено такі показники, як відсоток фагоцитозу ВФ (відсоток клітин, які захопили бактеріальні клітини) та фагоцитарне число ФЧ (середня кількість частинок, яку поглинула одна фагоцитувальна клітина). Крім цього, описано антибактеріальні властивості молозива корів, встановлено мінімальні інгібуючі концентрації препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива корів різної концентрації білків та мінімальні інгібуючі концентрації препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива корів у комбінації з лікарською речовиною.

*Визначення антибактеріальних властивостей біологічно-активних білкових фрагментів молозива відбувалося за показником мінімально інгібувальної концентрації (МІК) на основі методу серійних поступових двократних розведень у рідкому середовищі. Дослідження імуномодулюючих властивостей суміші біологічно активних білкових фрагментів молозива проводилось в умовах *in vitro* з використанням фагоцитів крові здорових щурів.*

Дослідження біологічно-активних білкових компонентів коров'ячого молозива дає змогу детально вивчити роль молозива у неспецифічному імунному антибактеріальному захисті організму та створити на їх основі продукти функціонального призначення, що здатні стимулювати розвиток власної імунної системи новонародженого, захищати його організм від вторгнення хвороботворних агентів і від різних харчових алергій.

Ключові слова: коров'яче молозиво, імунітет, білкові фрагменти, фагоцитоз, імуномодулювальні властивості, антибактеріальні властивості.

Постановка проблеми. Впродовж 200 млн років лактація була й залишається основою успішного вигодовування потомства у ссавців. Адже саме в материнському молоці найкраще збалансований вміст поживних речовин, ферментів, гормонів, факторів імунітету та інших компонентів, які сприяють пристосуванню немовляти до умов позаутробного існування, до впливу численних, у тому числі й шкідливих факторів навколишнього середовища [1].

Сучасна клінічна медицина володіє переконливими фактами щодо переваг не тільки грудного вигодовування, а й використання сумішей з додаванням сухого коров'ячого молозива для штучного вигодовування, оскільки саме воно вважається перспективним продуктом поліфункціонального складу, що проявляє яскраво виражені антибактеріальні, протизапальні, імунопротекторні та імуномодулювальні властивості, володіє регенераційною дією.

Біологічно активні фрагменти молозива корів можуть використовуватися у складі молочних сумішей для вигодовування немовлят [2; 3]. Адже новона-

роджені піддаються впливу великої кількості мікроорганізмів, чужорідних білків і хімічних речовин. Тому молозиво особливо пристосоване до потреб новонародженого з усіх точок зору. Його високий рівень імунокомпетентних факторів захищає дитину в період переходу від внутрішньоутробного життя до автономного в умовах зовнішнього середовища та сприяє розвитку його власного вродженого і адаптивного імунітету.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Молозиво — це єдиний продукт, у складі якого в оптимальних пропорціях є декілька груп потужних біологічно активних речовин. Як показали численні дослідження вчених [4; 5], молозиво — багатокомпонентна, поліфункціональна субстанція, яка володіє високою поживною і біологічною цінністю та об'єднує в собі фактори специфічного й неспецифічного імунного захисту. Воно містить високу кількість легкозасвоюваних сироваткових білків, захисних імунних факторів (імуноглобулін А, лактоферин, лізоцим, лейкоцити-макрофаги, нейтрофіли, лімфоцити), а також природних антиоксидантів (вітамінів А і Е, β-каротину, цинку, селену). Ці унікальні речовини відіграють важливу роль у становленні імунітету, забезпечуючи динамічне диференціювання та формування набутого імунного захисту [6]. А тому, з переходом на штучне вигодовування дитячими сумішами, що містять коров'яче молозиво, дитина буде мати можливість отримувати, крім високока-лорійної їжі, ще й цілий арсенал захисних факторів для підтримання імунітету та забезпечення антибактеріального захисту [2].

Слід зазначити, що антибактеріальні властивості молозива насамперед залежать від наявності в його складі каталітичних антитіл білків-абзимів — штучно створених конструкцій моноклональних антитіл, гіперваріабельні ділянки яких містять амінокислотні залишки, що безпосередньо беруть участь у біокаталітичних реакціях. Каталітична активність цих абзимів спрямована на гідроліз чужорідних та аутологічних антигенів. Проте останнім часом значну увагу науковців привертає те, що дія каталітичних імуноглобулінів багато в чому пов'язана не тільки з типом реакцій, яку необхідно каталізувати, а й з усіма імунними реакціями організму [6; 7].

На сьогодні з'ясовано [8; 9], що білки-абзими, IgG та sIgA за допомогою Fab фрагментів здатні не лише зв'язуватися з патогенними мікроорганізмами та вірусами, а й гідролізувати їх ДНК та РНК. Крім цього, доведено, що імуноглобуліни класу G володіють протеолітичною активністю: здатні з високою ефективністю гідролізувати інтегразу ВІЛ, що може вбудовувати вірусну ДНК в ДНК клітини-мішені.

Також відомо [10], що передача клітин імунної системи (нейтрофілів, лімфоцитів, моноцитів, тканинних макрофагів) здійснюється саме за допомогою молозива, на 1 мл якого припадає кілька мільйонів живих клітин, головним чином лейкоцитів і секреторних епітеліальних клітин, які відіграватимуть важливу роль у захисті дитини.

Отже, фагоцитувальним клітинам та антибактеріальним агентам належить головна роль у захисті організму хазяїна від різних інфекційних агентів. Здатність поліморфоядерних лейкоцитів і моноклеарних клітин до фагоцитозу — перетравлення різних мікробів, що потрапляють до організму, є захисною

функцією організму [11]. А неспецифічна активність молозива завдяки лізоциму, лактоферину, ксантинооксидазі та іншим антибактеріальним агентам призводить до зниження кількості патогенних мікроорганізмів і стимулює розвиток біфідобактерій, які запобігають розвитку гнильної мікрофлори, що загалом сприяє підвищенню природної резистентності новонароджених [12].

Мета статті: дослідити функціональну активність фагоцитарних клітин на моделі фагоцитів та антибактеріальну дію під впливом препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива корів, вивчити проти-мікробні та імуномодулювальні властивості компонентів коров'ячого молозива, які відіграють важливу роль у становленні та підтриманні імунітету новонароджених дітей, у поєднанні з лікарськими засобами.

Матеріали і методи дослідження. *I етап.* Дослідження функціональної активності фагоцитарних клітин на моделі фагоцитів крові щурів під впливом біологічно активних білкових фрагментів молозива корів. Схема дослідження наведена на рис. 1.

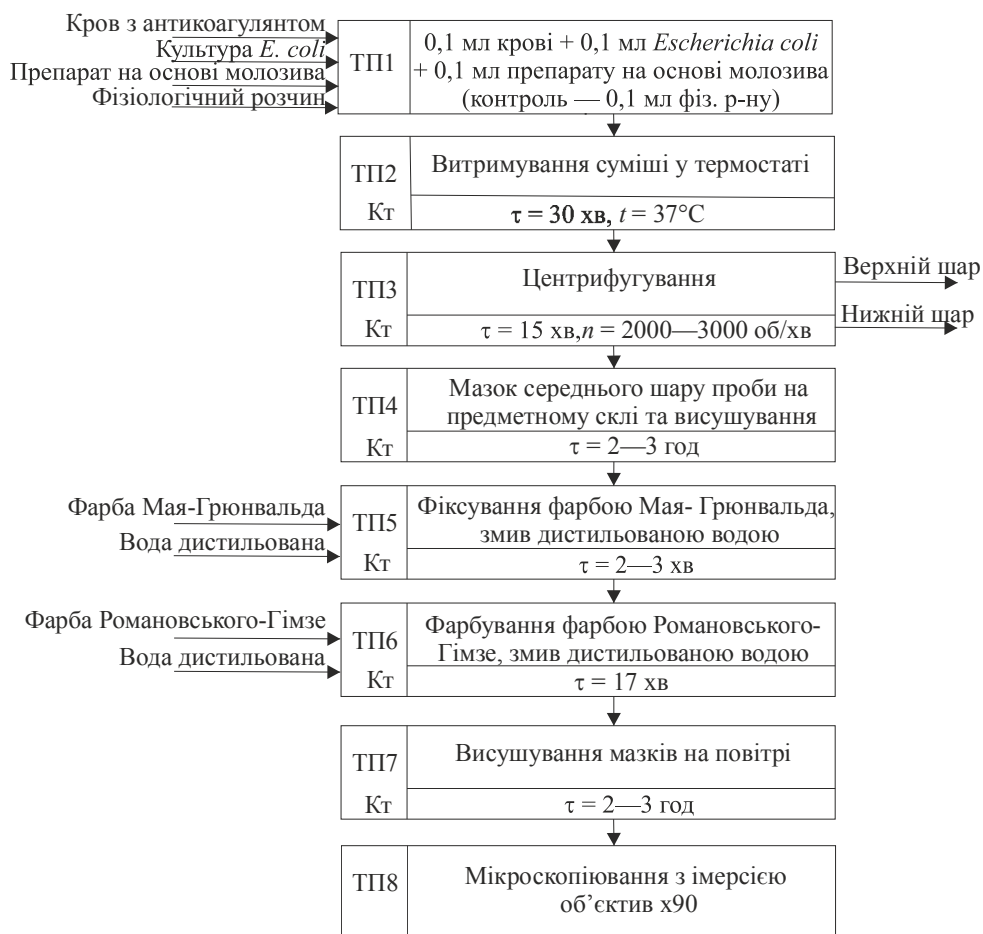


Рис. 1. Схема дослідження функціональної активності фагоцитарних клітин на моделі фагоцитів під впливом біологічно активних білкових фрагментів молозива корів

Облік отриманих результатів проводили під мікроскопом Біолам Р11 («Ломо», Росія) з використанням імерсійного об'єктиву $\times 90$, окуляру $\times 15$ і визначали два показники: відсоток фагоцитозу ВФ, тобто відсоток фагоцитувальних клітин, які поглинули мікробні частки та фагоцитарне число ФЧ — середню кількість часток, що поглинула одна фагоцитувальна клітина. Обрахунки вели за формулами, що наведені нижче:

$$\text{ВФ} = \frac{\text{к-ть клітин з бактеріями}}{\text{загальна к-сть клітин}} \cdot 100\% ; \quad (1)$$

$$\text{ФЧ} = \frac{a \cdot 5 + b \cdot 10 + c \cdot 15}{\text{ВФ}}, \text{ у.о.}, \quad (2)$$

де a — кількість клітин, які поглинули 5—9 бактеріальних клітин; b — кількість клітин, які містять 10—14 бактеріальних клітин; c — кількість клітин, в яких бактеріальних клітин 15 і більше.

II етап. Дослідження антибактеріальних властивостей препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива корів у комбінації з лікарськими засобами.

Дослідження проводили за показником мінімально інгібувальної концентрації (МІК), використовуючи метод серійних поступових двократних розведень у м'ясо-пептонному бульйоні (МПБ). Як бактеріальні тест-культури використовували *Escherichia coli* ІЕМ-1 та *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Acinetobacter sp.* ІМВ В-7005, *Enterobacter cloacae*. Дослідження проводились за додавання лікарського препарату — ібупрофен.

Методика виконання даного дослідження зображена на рис. 2.

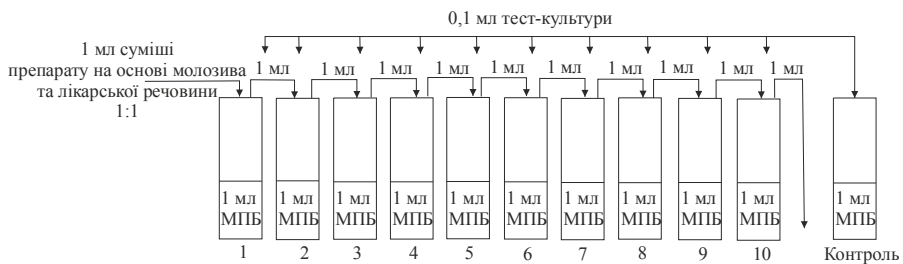


Рис 2. Методика визначення мінімально інгібувальної концентрації комбінованого препарату

Результати оцінювали візуально за помутнінням середовища: (+) — пробірки, де спостерігалось помутніння середовища; (–) — помутніння було відсутнє.

Викладення основних результатів дослідження. На рис. 3 представлені дані щодо впливу суміші біологічно активних білкових фрагментів молозива концентрацією 0,01 г/мл на показники фагоцитозу, виражені в зміні величин відсотка фагоцитозу та фагоцитарного числа (рис. 3б).

Як видно з рис. 3а, після оброблення фагоцитувальних клітин розчином біологічно активних білкових фрагментів молозива в концентрації 0,01 г/мл проби 1, величина показника ВФ на 31,5% перевищує значення ВФ контрольних зразків та складає 93,5% проти 62%. При обробленні клітин препаратом

проби 2 величина показника ВФ збільшується на 30,75% порівняно з контролем та складає 92,75% проти 62%. Величина ВФ проби 3 на 26,8% перевищує значення ВФ контрольних зразків та складає 88,8% проти 62%. Проба 4 — величина показника ВФ на 18,25% перевищує значення ВФ контрольних зразків і складає 80,25% проти 62%.

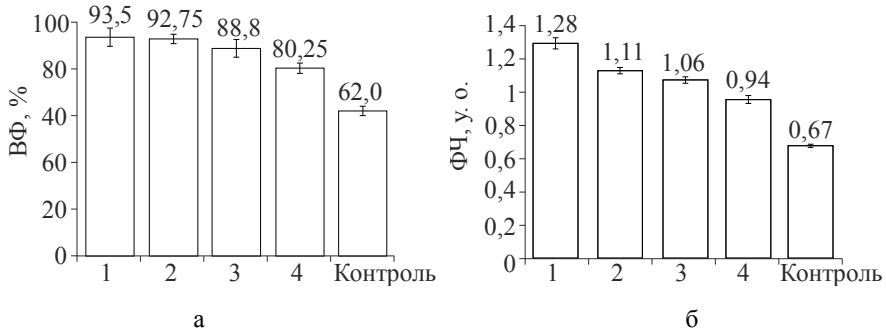


Рис. 3. Вплив біологічно активних білкових фрагментів молозива $C=0,01$ г/мл на показники фагоцитозу

Примітка*: Проба 1 — зразок відібраний через 2 год після отелення.
 Проба 2 — зразок відібраний через 12 год після отелення.
 Проба 3 — зразок відібраний через 24 год після отелення.
 Проба 4 — зразок відібраний через 36 год після отелення.

Наступним показником, який характеризує поглинальну здатність фагоцитів, є фагоцитарне число ФЧ. На рис. 3б видно, що цей показник теж мав ідентичну закономірність перевищувати значення контрольних зразків. Величина показника ФЧ під впливом препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів концентрацією 0,01 г/мл проби 1, на 0,61 у. о. (47,6%) перевищує значення ФЧ контрольних зразків та складає 1,28 у. о. проти 0,67 у. о., препарат проби 2 демонструє збільшення величини показника ФЧ на 0,44 у. о. (40%), порівняно з контрольними зразками та складає 1,11 у.о проти 0,67 у. о. Препарат проби 4 — на 0,39 у. о. (35,8%) перевищує значення ФЧ контрольних зразків та складає 1,06 у. о. проти 0,67 у. о. та препарат проби 4 на 0,27 у. о. (28,7%) перевищує значення ФЧ контрольних зразків і складає 0,94 у. о. проти 0,67 у. о.

Аналізуючи вищезазначене, слід зазначити, що досліджуваний препарат на основі біологічно активних фрагментів молозива концентрацією 0,01 г/мл мав виразний вплив на величину ВФ та ФЧ порівняно з контролем. Крім цього, значення досліджених показників істотно залежить від моменту відбору проби. Тому найвищу поглинальну здатність фагоцитів демонструє препарат проби 1 (зразок відібраний через 2 год після отелення), показники ВФ якого складають 93,5% проти 62%, та показники ФЧ — 1,28 у. о. проти 0,67 у. о.

Другим етапом нашої роботи було дослідження поглинальної здатності фагоцитів під впливом препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива в концентрації 0,1 г/мл. Результати зміни функціональної активності фагоцитів після взаємодії з досліджуваним препаратом наведені на рис. 4.

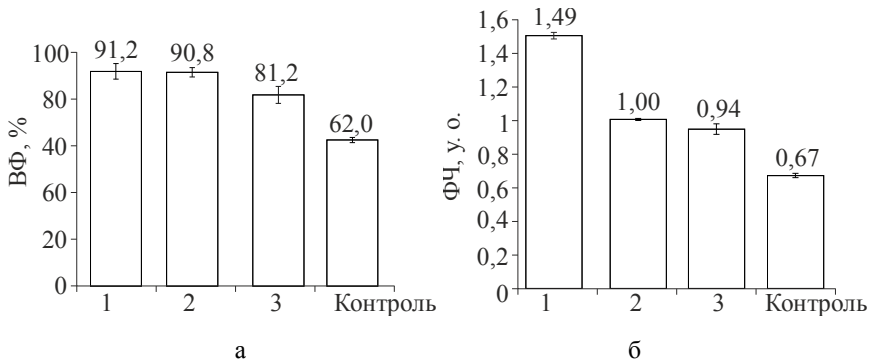


Рис. 4. Вплив біологічно активних білкових фрагментів молозива $C = 0,1$ г/мл на показники фагоцитозу

Примітка*: Проба 1 — зразок відібраний через 2 год після отелення.

Проба 2 — зразок відібраний через 12 год після отелення.

Проба 3 — зразок відібраний через 24 год після отелення.

Проба 4 — зразок відібраний через 36 год після отелення.

Після оброблення клітин препаратом на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива корів концентрацією 0,1 г/мл проби 1 величина показника ВФ на 29,2% перевищує значення ВФ контрольних зразків та складає 91,2% проти 62%. При обробленні клітин препаратом проби 2 величина показника ВФ на 28,8% перевищує значення ВФ контрольних зразків і складає 90,8% проти 62%. Також величина показника ВФ проби 3 на 19,2% перевищує значення ВФ контрольних зразків та складає 81,2% проти 62% (рис. 4а).

Дані, наведені на рис. 4б, свідчать, що величина показника ФЧ під впливом препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива в концентрації 0,1 г/мл проби 1 на 0,82 у. о. (55%) перевищує значення ФЧ контрольних зразків та складає 1,49 у. о. проти 0,67 у. о. Препарат проби 2 демонструє збільшення величини показника ФЧ на 0,33 у. о. (33%) порівняно з контрольними зразками та складає 1,00 у. о. проти 0,67 у. о. Препарат проби 3 — на 0,27 у. о. (28,7%) перевищує значення ФЧ контрольних зразків та складає 0,94 у. о. проти 0,67 у. о.

Отже, дослідження поглинальної здатності фагоцитів під впливом препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива концентрацією 0,1 г/мл підтвердило, що препарат має виразний стимулювальний вплив на функціональну активність фагоцитів та істотно залежить від моменту відбору проби. Слід відзначити, що найвищу поглинальну здатність фагоцитів демонструє препарат на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива в концентрації 0,01 г/мл проби 1, показники ВФ якого складають 93,5% проти 62%, та показники ФЧ — 1,28 у. о. проти 0,67 у. о., що дає можливість використовувати препарат у подальших дослідженнях.

Заключним етапом нашої роботи було визначення антибактеріальних властивостей біологічно активних білкових фрагментів молозива корів як окремо, так і в суміші з лікарським препаратом ібупрофен, який на сьогодні є одним з найбільш широко вживаним лікарським засобом із знеболювальною,

жарознижувальною, протизапальною дією та, крім цього, вважається нетоксичним для дитячого організму [13].

Узагальнені результати дослідження мінімальної інгібувальної концентрації препарату на основі біологічно активних білкових пептидів молозива корів і комбінованого препарату на основі ібупрофену та біологічно активних білкових пептидів молозива корів наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Антибактеріальні властивості досліджуваних препаратів

Проба	Мікроорганізми	МІК		
		Молозиво	Ібупрофен	Комбінований препарат (молозиво+ібупрофен)
Проба 1 C = 10 мг/мл	<i>E. coli</i> IEM-1	160	195	140
	<i>Staphylococcus aureus</i> БМС-1	160	48	70
	<i>Enterobacter cloacae</i>	160	97	70
	<i>Acinetobacter sp.</i> ІМВ В-7005	310	24	70
Проба 2 C = 10 мг/мл	<i>E. coli</i> IEM-1	310	195	140
	<i>Staphylococcus aureus</i> БМС-1	160	48	70
	<i>Enterobacter cloacae</i>	310	97	140
	<i>Acinetobacter sp.</i> ІМВ В-7005	310	24	140
Проба 1 C = 100 мг/мл	<i>E. coli</i> IEM-1	78	195	140
	<i>Staphylococcus aureus</i> БМС-1	78	48	70
	<i>Enterobacter cloacae</i>	160	97	70
	<i>Acinetobacter sp.</i> ІМВ В-7005	78	24	35
Проба 2 C = 100 мг/мл	<i>E. coli</i> IEM-1	310	195	140
	<i>Staphylococcus aureus</i> БМС-1	310	48	140
	<i>Enterobacter cloacae</i>	310	97	140
	<i>Acinetobacter sp.</i> ІМВ В-7005	160	24	70

Примітка*: Проба 1 — зразок відібраний через 2 год після отелення.

Проба 2 — зразок відібраний через 12 год після отелення.

Проба 3 — зразок відібраний через 24 год після отелення.

Проба 4 — зразок відібраний через 36 год після отелення.

У результаті дослідження встановлено, що МІК препарату на основі біологічно активних білкових пептидів молозива корів концентрацією 10 мг/мл, щодо *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Enterobacter cloacae* та *E. coli* IEM-1 становить 160 мкг/мл, а щодо *Acinetobacter sp.*ІМВ В-7005 та інгібування відбувається гірше, показник МІК для яких становить 310 мкг/мл.

У результаті застосування комбінованого препарату на основі біологічно активних білкових пептидів молозива корів концентрацією 10 мг/мл проби 1 та ібупрофену показник МІК щодо *E. coli* IEM-1 становив 140 мкг/мл. Однак найкраще інгібування під впливом комбінованого препарату спостерігалось щодо *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Acinetobacter sp.* ІМВ В-7005, *Enterobacter cloacae*, показник МІК для яких був однаковим і становив 70 мкг/мл.

Також було встановлено, що МІК препарату на основі біологічно активних білкових пептидів молозива корів концентрацією 10 мг/мл проби 2 щодо *Enterobacter cloacae*, *E. coli* IEM-1 та *Acinetobacter sp.* ІМВ В-7005 становить

310 мкг/мл. Найбільшу інгібувальну активність цей препарат проявляв щодо *Staphylococcus aureus* БМС-1, МІК при цьому становить 160 мкг/мл.

У результаті комбінування ібупрофену з препаратом на основі біологічно активних білкових пептидів молозива корів концентрацією 10 мг/мл проби 2 найкраще відбувається інгібування щодо *Staphylococcus aureus* БМС-1, яке становить 70 мкг/мл. При цьому інгібування щодо *E. coli* ІЕМ-1 та *Enterobacter cloacae* та *Acinetobacter* sp. ІМВ В-7005 становить 140 мкг/мл.

Наступний етап роботи полягав у дослідженні показника МІК препарату на основі біологічно активних білкових пептидів молозива корів концентрацією 100 мг/мл проби 1. Результати досліду показали, що інгібування *Staphylococcus aureus* БМС-1, *E. coli* ІЕМ-1, *Acinetobacter* sp. ІМВ В-7005 відбувається однаково, показник МІК при цьому становить 78 мкг/мл. А при обробленні цим препаратом тест культури *Enterobacter cloacae* спостерігалось погіршення інгібування, в результаті чого показник МІК становить 160 мкг/мл.

У результаті застосування комбінованого препарату на основі біологічно активних фрагментів молозива проби 1 концентрацією 100 мг/мл та ібупрофену показник МІК щодо *E. coli* ІЕМ-1 становить 140 мкг/мл щодо *Enterobacter cloacae* та *Staphylococcus aureus* БМС-1 — 70 мкг/мл. Проте найкраще інгібування під впливом комбінованого препарату постерігалось щодо *Acinetobacter* sp. ІМВ В-7005, показник МІК для якого складає 35 мкг/мл.

Паралельно було досліджено показник МІК препарату на основі біологічно активних білкових пептидів молозива корів концентрацією 100 мг/мл проби 2. Результати досліду показали, що інгібування *Staphylococcus aureus* БМС-1, *E. coli* ІЕМ-1, *Enterobacter cloacae* відбувається однаково, показник МІК при цьому становить 310 мкг/мл. При обробленні цим препаратом тест культури *Acinetobacter* sp. ІМВ В-7005 спостерігалось покращення інгібування, в результаті чого показник МІК становить 160 мкг/мл.

Під час застосування комбінованого препарату на основі біологічно активних фрагментів молозива проби 2 та ібупрофену показник МІК щодо *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus aureus* БМС-1 та *E. coli* ІЕМ-1 становить 140 мкг/мл. Проте найкраще інгібування під впливом комбінованого препарату на основі ібупрофену та біологічно активних білкових пептидів молозива корів концентрацією 100 мг/мл проби 2 спостерігалось щодо *Acinetobacter* sp. ІМВ В-7005, показник МІК для якого складає 70 мкг/мл.

Враховуючи отримані результати, можна зробити висновок, що застосування комбінованого препарату на основі біологічно активних фрагментів молозива та ібупрофену істотно впливає на показник МІК. Найкраще інгібування спостерігалось під впливом комбінованого препарату на основі ібупрофену та біологічно активних фрагментів молозива корів концентрацією 100 мг/мл проби 1 на бактеріальні тест-культури *Acinetobacter* sp. ІМВ В-7005, показник МІК при цьому становить 35 мкг/мл.

Тож проведене дослідження підтверджує значний інгібувальний вплив біологічно активних білкових пептидів молозива корів на бактеріальні культури в комплексі з лікарською речовиною ібупрофен, що призводить до пригнічення їх росту та розвитку в умовах *in vitro*. Крім цього, отримані результати

надають можливість зменшити терапевтичну дозу, прояви побічних реакцій ібупрофену та шкідливий хімічний вплив лікарської речовини на організм.

Висновки

Отже, фактично молозиво являє собою гіперімунний розчин та є природним доповненням раціону з широким діапазоном потенційно позитивного впливу на організм. Вживання молозива сприяє підвищенню стійкості до застудних захворювань, підтримці та активації імунної відповіді, зниженню рівня гіперчутливості, асоційованої з алергією та аутоімунними розладами.

Проведене дослідження підтверджує перспективність для подальшого вивчення взаємодії біологічно активних пептидів з макроорганізмом в умовах *in vivo*, створення протимікробних і профілактичних білкових препаратів природного походження на основі молозива, до яких не має резистентності, які не викликають алергічних і побічних реакцій.

Література

1. Фурцев В. И. Грудное вскармливание: состав и свойства грудного молока. *Сибирское медицинское обозрение*. 2012. № 2. С. 91—95.
2. Бородина О. О., Лич І. В. Молозиво — основа для розробки імунного харчування. *Біотехнологія: досвід, традиції та інновації*: збірник матеріалів І міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. 2016. С. 86—91.
3. Лич І. В., Карпов О. В., Пекло Г. О., Пекло А. О. Імунологічні властивості молозива. *Харчова промисловість*. 2014. № 16. С. 28—32.
4. Боровик Т. Э., Семенова Н. Н., Лукоянова О. Л. и др. К вопросу о возможности использования молока и адаптированных смесей на его основе в детском питании. *Вопросы современной педиатрии*. 2013. Т. 8.— С. 8—16.
5. Самбуров Н. В., Палаус И. Л. Молозиво коров его состав и биологические свойства. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014. № 4. С. 59—61.
6. Романенко Г. О. Імунітет новонароджених дітей. *Медицинський журнал*. 2012. № 13. С. 15—19.
7. Гуменний В. Д., Гумен В. В., Ємець О. Ю. и др. Молозиво — рідке золото. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2015. № 114. С. 47—57.
8. Боровия Т. Э., Яцык Г. В, Намазова-Баранова Л. С. и др. Возможности использования лактоферрина человека в педиатрической практике. *Вопросы современной педиатрии*. 2014. Т.13. № 4. С. 12—19.
9. Зажарська Н. М., Самойленко Ю. В. Хімічні та імунологічні показники козиного молозива і молока залежно від періоду лактації. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 2. С. 70—75.
10. Powar Priyatama V. Immunological aspect of colostrum as a preventative medication. *JIPBS*. 2015. Vol. 2. No. 3. P. 252—260.
11. Siddhi Bagwe, Leo J.P. Tharappel, Ginpreet Kaur and Harpal S. Buttar Bovine colostrum: an emerging nutraceutical. *J Complement Integr Med*. 2015. Vol. 12. No. 3. P. 1—11.
12. Inui T., Kubo K., Kuchiike D., Uto Y., Nishikata T., Sakamoto N., Mette M. Oral colostrum macrophage-activating factor for serious infection and chronic fatigue syndrome: three case reports. *Anticancer Res*. 2015. Vol. 35. No. 8. P. 4545—4549.
13. Марушко Ю. В., Гарбар І. І. Безпека застосування ібупрофену в педіатричній практиці. *Український медичний часопис*. 2014. № 4. С. 55—58.

**MARKETING TOOLS IN THE CONDITIONS OF MODERN
MARKETING ACTIVITY OF THE ENTERPRISES —
PRODUCERS OF FOOD INDUSTRY**

O. Butnik-Siverskiy, G. Zemko

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

Key words:

*Marketing strategy
Marketing tools
Marketing mix
Intramarketing
Trade mark
Products of the food
industry*

Article history:

Received 13.05.2019
Received in revised form
29.05.2019
Accepted 18.06.2019

Corresponding author:

O. Butnik-Siverskiy

E-mail:

busiv@ukr.net

ABSTRACT

The paper examines the importance of marketing tools through which the corresponding marketing system of the food-processing industry producer is implemented, depending on the demand for it by consumers. It is noted that marketing tools are used in sales policy implementation, price and product range definition, and so on. One of the main factors in implementing marketing strategy of an enterprise is the proper selection of marketing tools.

The purpose of the paper was to find effective marketing tools that affect the situation that occurs when producing certain products of food industry enterprises depending on consumer demand, directions and methods of marketing strategy implementation. The research object identifies marketing tools for the promotion of the trademark “Monastyrsky kvass”, a manufacturer of carbonated soft drinks, LLC Monastyrsky kvass.

The marketing system of the food industry should be aimed at meeting needs of the consumer and, through this function, the establishment of strong links between the client and the enterprise-producer. Systematic and purposeful use of marketing tools is one of the main objectives of the marketing strategy. As a research method, marketing tools, their system, called marketing mix (or marketing complex), are considered, as well as certain advantages of its components. The paper identifies appropriate and useful marketing tools for the marketing strategy of the company-manufacturer using the concept “4 R” and “4C” with elements of the model “SIVA”.

The experience of determining the choice of effective marketing tools during promotion of the trademark “Monastyrsky kvass” — a manufacturer of carbonated soft drinks by LLC “Monastyrsky kvass” is considered.

МАРКЕТИНГОВІ ІНСТРУМЕНТИ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ МАРКЕТИНГОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ-ВИРОБНИКІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О. Б. Бутнік-Сіверський, Г. В. Земко

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

В статті досліджено значення інструментів маркетингу, через які впроваджується відповідна маркетингова стратегія підприємства-виробника продукції харчової промисловості залежно від формування попиту споживачів на товар підприємства. Зазначено, що інструменти маркетингу використовуються при здійсненні збутової політики, визначення ціни та асортименту товару тощо. Одним із головних факторів у реалізації маркетингової стратегії підприємства є правильний підбір маркетингових інструментів.

Метою статті став пошук ефективних інструментів маркетингу, що впливають на ситуацію, яка складається при виробництві певної продукції підприємств-виробників харчової промисловості залежно від формування попиту на неї споживачів, пошуку напрямків і методів реалізації маркетингової стратегії. Прикладом використання формування маркетингової стратегії на певний період і відбору за такою стратегією інструментів маркетингу може бути торговельна марка безалкогольних напоїв «Монастирський квас» — виробника газованих безалкогольних напоїв. Тому об'єктом дослідження визначено інструменти маркетингу при просуванні торговельної марки «Монастирський квас».

Маркетингова стратегія підприємства харчової промисловості спрямована на забезпечення потреб споживача і формування міцних зв'язків між споживачем і підприємством-виробником. Системне і цілеспрямоване використання інструментів маркетингу є одним із основних завдань маркетингової стратегії підприємства-виробника. Як метод дослідження розглянуто інструменти маркетингу, які укладені в модель, що отримала назву маркетинг-мікс (або комплекс маркетингу), а також визначено окремі переваги її складових.

Визначено доцільні і корисні інструменти маркетингу для маркетингової стратегії підприємства-виробника з використанням концепції «4Р» та «4С» з елементами моделі «SIVA». Розглянуто досвід визначення вибору ефективних інструментів маркетингу при просуванні торговельної марки «Монастирський квас» — виробника газованих безалкогольних напоїв ТОВ «Монастирський квас».

Ключові слова: *маркетингова стратегія, інструменти маркетингу, маркетинг-мікс, інтрамаркетинг, торговельна марка, продукція харчової промисловості.*

Постановка проблеми. Сьогодні в економіці особливого значення набувають глибокі знання ринку та вміння ефективно застосовувати інструменти

впливу на ситуацію, яке складається на ньому, зокрема мова йде про ринок продукції харчової промисловості. Сукупність таких знань складає зміст маркетингової діяльності підприємства-виробника харчової промисловості.

Маркетинг для підприємства є системою організації діяльності підприємств-виробників з розробки, виготовлення та дистрибуції продукції харчової промисловості на основі комплексного вивчення ринку з метою отримання прибутку, що забезпечує задоволення потреб споживачів. Іншими словами, сучасна маркетингова стратегія підприємства визначає доцільність виробництва певного продукту через формування попиту на нього споживачів.

У той же час сьогодні маркетингова діяльність підприємства розвивається одразу за кількома напрямками, пристосовуючи їх до нової реальності і сучасним особливостям економіки. Тому виникають новації у класичному маркетингу: нові маркетингові поняття, що виходять за межі класичного маркетингу (наприклад, широке використання новітніх електронних засобів як інструментів маркетингу).

Маркетингова стратегія підприємства харчової промисловості має бути спрямована на забезпечення потреб споживача і формування міцних зв'язків між клієнтом і підприємством-виробником. Інструменти маркетингу використовуються при здійсненні збутової політики, визначенні ціни та асортименту товару тощо. Їх можна об'єднати за функціями, до яких відносимо: продуктову політику, комунікаційну політику, цінову політику, збутову політику тощо. Системне і цілеспрямоване використання інструментів маркетингу є одним з основних завдань маркетингової стратегії підприємств-виробників.

Така ситуація потребує контролю організації маркетингової діяльності з метою виявлення привабливих можливостей і слабких ланок у діяльності підприємств-виробників та використання значно ефективніших інструментів маркетингу. Зазначену проблему актуалізує розвиток ринкових відносин у харчовій промисловості та розширення ринку збуту високоякісної продукції в середині країни та за кордоном.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням проблем формування системи маркетингу підприємства та інструментів маркетингу як способів її здійснення як в теоретичному, так і в практичному аспектах присвячено праці вітчизняних і зарубіжних науковців, серед яких І. Ансофф, Г. Армстронг, В. Вонг, П. Діксон, Дж. Р. Еванс, Ф. Котлер, Д. Маккарті, М. Портер, Д. Сондерса. Серед вітчизняних науковців ці питання в полі зору С. С. Гаркавенко, В. Г. Герасимчук, Н. П. Гончарова, А. П. Гречан, О. В. Зозульов, Є. В. Крикавський, І. В. Лилик, П. Г. Перерва, Т. О. Примака, Т. Б. Решетілова, А. О. Старостіна, Н. І. Чухрай, Ю. В. Яковець та ін. Проте окремі питання дослідження маркетингових інструментів у підвищенні ефективності виробничої та маркетингової діяльності підприємств-виробників харчової промисловості в сучасних умовах господарювання потребують удосконалення та подальшого розвитку.

Метою статті є пошук та представлення ефективних інструментів маркетингу, які впливають на виробництво продукції підприємств-виробників харчової промисловості залежно від формування попиту на неї споживачів і на відбір напрямів та методів реалізації маркетингової стратегії.

Викладення основних результатів дослідження. За класичним визначенням Філіпа Котлера [1], головне завдання маркетингу — «задоволення потреб і бажань індивідів і груп», тобто людей, які споживатимуть товар чи послугу. Зробити це підприємство-виробник зможе «за допомогою створення і пропозиції» товару, які мусить певним чином донести до споживача. Така діяльність підприємства робить його спрямованим на задоволення потреб споживача — маркетингорієнтованим.

Підприємство-виробник харчової промисловості — це живий взаємопов'язаний організм, роботою якого керує вище керівництво підприємства на основі стратегії розвитку підприємства, що визначена на певний період. Генеральна стратегія діяльності підприємства визначає, до чого прагнути підприємству, як йому розвиватися. Серед інших стратегій (розвитку виробництва, роботи з персоналом тощо) важливе місце займає розробка маркетингової стратегії підприємства, яка, у свою чергу, є складовою загальної стратегії підприємства і корелює з місією, баченням і стратегічними цілями підприємства.

З одного боку, маркетингова стратегія визначає й описує споживача товару чи послуги, з іншого — позиціонує потрібний йому товар чи послугу і обирає стійку конкурентну перевагу, за якими споживач може відрізнити товар/послугу підприємства-виробника від продуктів-аналогів. Тож саме маркетингова стратегія підприємства-виробника пов'язує споживача з товаром, який забезпечить його потреби і бажання.

В основі маркетингової діяльності підприємства-виробника серед інших чинників закладений і правильний підбір маркетингових інструментів. Особливе значення це має в умовах ринкової ситуації та конкурентного середовища, яке склалося серед підприємств-виробників у харчовій промисловості. Варто зауважити, що значення ефективної побудови маркетингової системи (у тому числі і через використання системи інструментів маркетингу) збільшується, оскільки харчова промисловість України щороку стає все більш висококонкурентним ринком. Одним з основних завдань маркетингової стратегії підприємств-виробників є системні і цілеспрямовані відбір та використання інструментів маркетингу. Маркетинг на сучасному підприємстві з кожним роком стає значно різноманітнішою і складнішою формою діяльності.

У практиці маркетингової діяльності підприємств харчової промисловості використовують ряд інструментів маркетингу, серед них, зокрема, реклама, збут, обслуговування покупця, політика цін, вивчення потреб і попиту, зв'язок зі споживачами та громадськістю.

Інструментами маркетингу називають способи, прийоми і методи комунікації з потенційним споживачем на предмет пропозиції йому нового товару чи послуги. Всі маркетингові інструменти об'єднані у струнку систему, яка отримала назву *маркетинг-мікс* (або *комплекс маркетингу*).

Традиційний перелік інструментів маркетингу описується в рамках комплексу маркетингу або класичної формули «чотирьох Р» маркетингу: продукт (**P**roduct), ціна (**P**rice), місце (**P**lace), просування (**P**romotion). «**4P**» — це тактична схема втілення маркетингової стратегії підприємства через відбір і застосування інструментів маркетингу. Їй повинні передувати визначення зі стратегічними складовими маркетингової програми підприємства-виробника:

сегментування, виділення цільового ринку і позиціонування (концепція STP-маркетингу).

Вперше схема «4P» була запропонована американським професором Едмундом Джеромом Маккарті (E. Jerome McCarthy). У 1960 р. Маккарті публікує підручник «Basic Marketing. A Managerial Approach», в якому описав концепцію «4P». Кожному з елементів комплексу маркетингу присвячена окрема глава праці. Під комплексом маркетингу «4P» розуміється певна сума керованих параметрів маркетингової діяльності, між елементами якого існує стійкий внутрішній зв'язок, коли будь-яка зміна одного з елементів спричиняє зміну інших елементів. Комплекс маркетингу розглядають як поглиблене тлумачення основних маркетингових елементів з набором інструментів маркетингу, що складають програму маркетингової стратегії підприємства. Це не стільки власне продукт, ціна, місце і просування, скільки товарна політика, збутова політика, цінова політика, політика просування, що стає системним підґрунтям до вибору ефективних маркетингових інструментів.

Зазначимо, що за оцінкою експертів-науковців, набір інструментів маркетингу в комплексі «4P» відображає переважно *інтереси виробника і продавця, а не покупця*. Тут продукт, ціна, місце продажу та програма просування продукту розглядаються як похідні від можливостей виробника і продавця, але не як реакція на певні потреби покупця, не як повне та якісне задоволення цих потреб. Модель «4P» дає змогу виробнику ефективно комунікувати зі споживачем, передусім для успішної реалізації виробленого продукту і вже потім для задоволення потреб споживача.

Складові комплексу «4P» варто застосовувати комплексно, оскільки використання окремих маркетингових інструментів не дає бажаних результатів. Чотири складові маркетингу-мікс є повним та ефективними інструментами впливу на покупців. Тож перша група інструментів маркетингу направлена на задоволення потреб споживачів, друга — на виправдання витрат споживача, третя — на забезпечення зручності споживача, а четверта — на комунікацію між виробником і споживачем.

Сучасні дослідники постійно розширюють перелік «P», завдяки чому виникають нові концепції — «5P», «6P», «7P», ... «12P». Однак класичною та загально визнаною все-таки, як зазначає М. Полієнко, аналізуючи у своїй порівняльній таблиці різні моделі комплексу маркетингу, є концепція «4P». Ключовим фактором при цьому виступає те, що саме ці чотири елементи можуть цілком контролюватися фахівцем-маркетологом підприємства-виробника. Крім того, порядок застосування елементів комплексу маркетингу чітко вказує послідовність реалізації основних маркетингових функцій: представлення товару, визначення оптимальної ціни, ефективна дистрибуція і комунікація зі споживачем [2]. Можна погодитися також з Є. П. Голубковим, який зазначає, що розширення змісту комплексу маркетингу перестає задовольняти визначення даного поняття [3].

Традиційна структура комплексу маркетингу прийнята провідними маркетологами світу. Додані елементи характеризують вже не комплекс маркетингу, а фактори, що впливають на маркетингову діяльність, які необхідно враховувати в тому числі і при розробці комплексу маркетингу [3]. Так, наприклад,

коли мова йде про комплекс «7P», з'являються такі додаткові фактори, як: «люди» (People) та «процес покупки» (Process). Це суттєво, коли обґрунтовується певна сума керованих параметрів маркетингової діяльності для відповідної мети з урахуванням конкретної ринкової ситуації, яка складається для підприємства-виробника харчової промисловості.

Сьогодні провідні науковці відмічають, що з точки зору задоволення потреб споживачів більш дієвим стає комплекс «4C»: цінність товару для споживача (Customer-value), витрати споживача (Customer-costs), доступність товару для споживача (Customer-convenience) та інформованість споживача (Customer-communication), який запропоновано у 1990 р. Бобом Лотерборном (Bob Lauterborn). Зміст цього комплексу, який теж використовує набір інструментів маркетингу, і відображає інтереси споживача, тому його метою є збільшення вигід для споживача. Втім, якщо кожен з елементів вихідного комплексу («4P») розкласти на складові, то в ньому є маркетингові операції, які закладено в комплексі «4C». Разом ці комплекси працюють у маркетингових програмах через сегментацію, прогнозування, рекламу, аналіз та облік [4].

Як альтернативна модель комплексу маркетингу «4P» у 2005 р. Ч. Девом і Д. Шульцем (Chekitan S.Dev и Don E. Schultz, США) була запропонована модель SIVA. Це, по суті, та ж модель «4P», тільки зі «зворотного» боку — ніби очима покупця. У цій моделі кожному з елементів класичної формули «4P» відповідає елемент моделі «SIVA»: Продукт → Рішення (Solution); Ціна → Цінність (Value); Дистрибуція → Доступ (Access); Просування → Інформація (Information) [2].

По суті, вищезгадані концепції є всього лише різними підходами до вирішення однієї і тієї ж мети: забезпечення потреб споживача виробленими товарами чи послугами. У сучасних умовах діяльності підприємств, за оцінкою експертів-науковців, маркетинг розвивається за напрямками, які відносять до «інтрамаркетингу», що, насправді, є системою мислення, що призначена для пошуку ефективних ідей і рішень. Однак ми не розглядатимемо креативність як самоціль і не спиратимемося на схеми творчості, які не приносять користі. Інтрамаркетинг пропонує перейти на принципово нову базу для сприйняття і аналізу діяльності підприємства, яка примушує не «креативно шукати ідеї», а отримувати ефективні рішення безпосередньо через результат аналізу ситуації. З'являються доповнення до маркетингу, нові поняття, які виходять за межі аксіом класичного маркетингу.

Зазначене вище можемо розглянути через визначення інструментів маркетингу при просуванні торговельної марки безалкогольного газованого напою «Монастирський квас» (під умовною назвою «квас»), який виробляє ТОВ «Монастирський квас».

Перед початком одного з нових сезонів продажу керівництво підприємства-виробника перед маркетинговою службою підприємства поставило такі завдання: відродити і репозиціонувати торговельну марку в досить короткі терміни (три місяці) і запустити бюджетну рекламну компанію до початку літнього сезону. Перед фахівцями-маркетологами були поставлені дві досить глобальні маркетингові цілі, які тісно пов'язані між собою.

Першим кроком стало рішення маркетингової відділу підприємства щодо проведення нерепрезентативного маркетингового дослідження внутрішніми силами підприємства — відділом мерчандайзингу ТОВ «Монастирський квас». Результатом проведення анкетування серед потенційних споживачів ТМ «Монастирський квас» стало підтвердження цільової аудиторії ТМ «Монастирський квас»: нею виявилися українці — жінки і чоловіки майже у рівній мірі різного віку (від 20 до 70 років) з рівнем доходів середнім і нижче середнього. Вони практично щодня вживають напій у спекотний час, тобто переважно у літню пору року.

Після маркетингового дослідження, яке виявило цільову аудиторію торговельної марки, керівництвом підприємства прийняло рішення репозиціонувати напій: зробити його не лише сезонним, а напоєм на кожен день — таким, що може бути наявним щодня на столі пересічного українця. Тому був обраний віршований рекламний девіз-слоган: «Квас «Монастирський» завжди на столі — влітку і взимку, в місті й селі!».

Довелося розширити асортиментну лінійку напою до чотирьох позицій, додати до ємності 2 л і 0,5 л оригінальну за зовнішнім виглядом пляшку ємністю 1 л. Змінився і зовнішній вигляд етикеток: вони стали різнокольоровими для кожного різновиду напою. Конкурентною перевагою ТМ «Монастирський квас» стала ціна — вона була невисокою і робила продукт доступним для споживача.

За два місяці до початку літнього сезону була затверджена маркетингова стратегія торговельної марки на сезон, яка коротко зводилася до інтенсивної експансії ТМ «Монастирський квас» на всеукраїнський ринок з особливою увагою до південних регіонів у сезон літнього відпочинку. Зрозуміло, що така експансія на ринок мала призвести до розширення аудиторії споживачів продукту та до збільшення обсягів виробництва і продажу.

Постало питання раціонального вибору інструментів маркетингу. Для цього була розроблена модель втілення маркетингової стратегії з використанням концепцій «4 P» та «4C» з елементами моделі «SIVA», серед них використано:

- 1 — зміна зовнішнього виду упаковки;
- 2 — розширення лінійки ємності продукту, додавання «ходової» пляшки 1 л;
- 3 — визначення з доступною ціною продукту;
- 4 — розширення асортиментної лінійки напою до чотирьох позицій;
- 5 — збільшення географії розповсюдження продукту від центру до півдня України;
- 6 — робота з торговельними мережами з метою виставлення продукту у крацях, доступних для споживача місцях;
- 7 — створення чітко прописаних стандартів мерчандайзингу (викладки) у роздрібних торговельних точках;
- 8 — створення додаткової команди торгових представників — мерчандайзерів, які б забезпечували викладку продукту за напрацьованими стандартами у роздрібній торговельній мережі;
- 9 — проведення промоакцій у місцях продажу;

10 — проведення акцій зі знижками для дистриб'юторів торговельної марки у регіонах;

11 — виготовлення поліграфічної реклами (листівок і буклетів);

12 — виготовлення та розміщення телевізійних роликів на національних телевізійних каналах «другої» хвилі;

13 — виготовлення POS-матеріалів (реклами на місцях продажу): цінників, підставок, стікерів і воблерів, інших засобів.

Ефективність обраних маркетингових інструментів засвідчила правильно обрану маркетингову стратегію керівництва підприємства щодо промоції торговельної марки: продаж напоїв ТМ «Монастирський квас» у наступні три місяці сезону піднявся у 8—9 разів порівняно з показниками минулих років.

Тож досвід ТМ «Монастирський квас» цілком доцільно використовувати на інших підприємствах харчової промисловості України — з урахуванням стратегії підприємства, стратегічних та оперативних завдань, сезонності, наявного портфеля брендів тощо.

Висновки

У результаті дослідження маркетингових інструментів в умовах сучасної маркетингової діяльності підприємств-виробників харчової промисловості можна зробити такі висновки:

1. Сучасний маркетинг є системою організації всієї діяльності підприємств-виробників з розробки, виготовлення та дистрибуції продукції харчової промисловості на основі комплексного вивчення ринку. Використання інструментів маркетингу у діяльності підприємств актуалізується і значно розширюється, оскільки харчова промисловість України щороку стає все більш висококонкурентним ринком, і це спонукає до поглиблених досліджень.

2. Досвід діяльності ТМ «Монастирський квас» довів доцільність використання так званого «ланцюжка маркетингової діяльності підприємства»: з огляду на обрану маркетингову стратегію репозиціонування і сезонної експансії на всеукраїнський ринок, маркетинговим відділом підприємства були обрані доцільні і корисні інструменти маркетингу для реалізації маркетингової стратегії підприємства-виробника з використанням концепції «4P» та «4C» з елементами моделі «SIVA». Тому досвід ТМ «Монастирський квас» цілком доцільно використовувати на інших підприємствах харчової промисловості України.

3. Обрання якісних та ефективних інструментів маркетингу підприємства харчової промисловості має бути обумовлене: генеральною маркетинговою стратегією підприємства; маркетинговою стратегією певного товару або послуги (як правило, вона розробляється по кожному продукту з портфелю брендів) та оперативною стратегією маркетингу на певний період (наприклад, сезонний).

4. У маркетинговій стратегії підприємства-виробника важливими є два поняття:

- товар чи послуга, яку виробляє підприємство, її позиціонування на ринку і стійкі конкурентні переваги;
- потенційний споживач товару, його ідентифікація і сегментація по групах.

З урахуванням зазначених понять згідно з розробленою маркетинговою стратегією підприємство-виробник може обирати інструменти маркетингу за технологією комплексу «4Р» та «4С» з елементами моделі «SIVA», корелювати обрані інструменти маркетингу зі стратегією підприємства-виробника різних галузей харчової промисловості та застосовувати побудовану маркетингову стратегію для успішної комунікації з потенційним споживачем товару/послуги з метою ефективного забезпечення попиту на продукцію конкретного підприємства.

Література

1. Котлер Ф., Армстронг Г. Основы маркетинга. 9-е издание: Пер. с англ. Москва. Издательский дом «Вильямс», 2003. 1200 с.
2. Полиенко Михаил. Комплекс маркетинга. URL: <http://marketopedia.ru/6-kompleks-marketinga.html>.
3. Голубков Е. П. О некоторых аспектах концепции маркетинга и его терминологии. Маркетинг в России и за рубежом. № 6. 1999. URL: <https://www.cfin.ru/press/-marketing/1999-6/01.shtml>.
4. Фомішина В. М., Федорова М. Є. Трансформація складових класичного «комплексу маркетингу підприємства» у сучасний «комплекс маркетингу споживача». Збірник науково-технічних праць. 4. Економіка, планування та управління в галузях. Національний лісотехнічний університет України, 2015. Вип. 25.2. С. 292—293. URL: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2015/25_2/50.pdf.
5. Кризис классического маркетинга /Маркетинг-микс 4Р-7Р. Латеральный маркетинг. Термины маркетинга. [Маркетинг отношений](http://marketopedia.ru/6-kompleks-marketinga.html). URL: <http://marketopedia.ru/6-kompleks-marketinga.html>.

INSTRUMENTS OF THE COMPANY'S REPUTATION MANAGEMENT FOR DIFFERENT STAKEHOLDERS: PR, IR AND GR

O. Derevianko

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

Key words:

*Trust
Reputation management system
Key messages
Branding
Mediarelations
Image-making
Publicitycapital*

Article history:

Received 20.05.2019
Received in revised form 03.06.2019
Accepted 21.06.2019

Corresponding author:

O. Derevianko
E-mail:
y.derevianko@pr-service.com.ua

ABSTRACT

The paper determined that the stakeholder aspects of institutional theory in the era of reputation economics are manifested in practice — in the development of communication tools to support enterprise interaction with stakeholders, as well as at the level of theoretical understanding and modeling of effective communication tools. Object of the study is theoretical and methodological issues of using communication tools in reputation management for communications with stakeholders. The paper describes the features of the use of basic tools for the formation of an enterprise's reputation, namely: PR (Public Relations), IR (Investor Relations) and GR (Government Relations) in the context of key stakeholder audiences.

Due to the research, it is proven that a systematic approach is important in shaping the reputation of an enterprise. It is proven that the principle of building a system of reputation management of an enterprise corresponds to ensuring confidence in it in accordance with certain reputation management vectors — for key stakeholder audiences through communication channels. The study elaborates sets of communication and reputation building tools with certain stakeholder audiences as vectors in the reputation management system are: for consumer stakeholder groups, product PR is used (PR sales support, branding), including in the form of integrated marketing communications; in the direction of work with the so-called internal public — enterprise staff — internal PR; on the formation of the reputation of the owners and top managers of the enterprise for the outside public — this is the personal PR of the “first persons of the enterprise”; to improve / optimize relations with the authorities — GR (Government Relations) on the vector of building/optimizing relations with investors — IR (Investor Relations). The situations are described where IR comes to the fore in the business communications system of an entrepreneurial company are diverse, and the format of the organization of IR work depends on the type of enterprise in each specific case. It is proposed to consider the most common options for using IR to enhance the company's reputation, target audiences, their IR communication and the used tools.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-10

ІНСТРУМЕНТИ ФОРМУВАННЯ РЕПУТАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ РІЗНИХ СТЕЙКХОЛДЕРСЬКИХ АУДИТОРІЙ: PR, IR ТА GR

О. Г. Дерев'янку

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

У статті визначено, що стейкхолдерський аспект інституціональної теорії в еру економіки репутації знаходить прояв на практиці — у розвитку комунікаційних інструментів підтримання взаємодії підприємства зі стейкхолдерами, а також на рівні теоретичного осмислення і моделювання інструментів ефективної комунікації. Об'єкт дослідження: теоретичні та методологічні питання застосування інструментів комунікації зі стейкхолдерами в репутаційному менеджменті. Охарактеризовано особливості застосування основних інструментів формування репутації підприємства, а саме: PR (PublicRelations), IR (InvestorRelations) та GR (GovernmentRelations) в розрізі ключових стейкхолдерських аудиторій.

Завдяки проведеному дослідженню з'ясовано, що у формуванні репутації підприємства важливим є системний підхід. Принцип побудови системи репутаційного менеджменту підприємства відповідає забезпеченню довіри до нього згідно з визначеними векторами управління репутацією щодо ключових стейкхолдерських аудиторій через канали комунікації. Комплекси інструментів комунікації та формування репутації з певними стейкхолдерськими аудиторіями як векторами в системі репутаційного менеджменту є такими: щодо стейкхолдерської групи споживачів застосовується продуктивний PR (PR-підтримка продажів, брендинг), у тому числі у формі інтегрованих маркетингових комунікацій; за напрямом роботи з так званою внутрішньою громадськістю — персоналом підприємства — внутрішній PR; щодо формування репутації власників і топ-менеджерів підприємства для зовнішньої громадськості — це персональний PR «перших осіб підприємства»; задля покращення/оптимізації відносин із владою — GR (GovernmentRelations); за вектором вибудовування/оптимізації відносин з інвесторами — IR (InvestorRelations). Ситуації, коли IR виходить на перший план у системі бізнес-комунікацій підприємницької компанії, різноманітні, і формат організації IR-роботи в кожному конкретному випадку залежить від типу підприємства. Запропоновано для розгляду найбільш розповсюджені варіанти використання IR для підвищення репутації компанії, цільові аудиторії їх IR-комунікації та інструментарій, який застосовують.

Ключові слова: *довіра, система репутаційного менеджменту (СРМ), ключові повідомлення, брендинг, медіа зв'язки, іміджмейкінг, публіцитний капітал.*

Постановка проблеми. Коментуючи сучасні зміни у світовій економіці, відома консалтингова компанія ReputationInstitute [8] зазначає: якщо 1990-і

були «золотим століттям інновацій» і 2000-і — «десятиліттям ризиків», то 2010-і знаменують нове конкурентне бізнес-середовище, де саму компанію сприймають серйозніше, ніж її продукцію та послуги. Настає ера економіки репутації (reputation-based economy), де люди більше цікавляться підприємством, тим, як воно веде бізнес, аніж його продукцією.

З позиції інституціональної теорії, не тільки успішність ведення бізнесу, а й саме його існування є наслідком ефективної взаємодії підприємства з його стейкхолдерами — тими, хто отримує власні вигоди від діяльності підприємства [6]. Передусім до стейкхолдерів підприємства входять його інвестори. До ключових стейкхолдерів входять також споживачі (клієнти), постачальники та партнери. Особливе місце займають органи, що регулюють діяльність підприємств та владні структури, що здійснюють вплив на бізнес.

Стейкхолдерський аспект інституціональної теорії в еру економіки репутації знаходить прояв на практиці — в розвитку комунікаційних інструментів підтримання взаємодії підприємства зі стейкхолдерами, а також на рівні теоретичного осмислення і моделювання інструментів ефективної комунікації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових джерел засвідчує, що розробка інструментів комунікації зі стейкхолдерами і моделювання систем репутаційного менеджменту залишаються напрямками наукових досліджень, що розвиваються паралельно.

Перший напрямок представлений дослідженнями в галузі теорії комунікації [1; 5; 11; 12]; другий напрямок — розвиток теорії репутаційного менеджменту [3; 4; 6; 8].

Невирішеними залишаються теоретичні та методологічні питання застосування інструментів комунікації зі стейкхолдерами в репутаційному менеджменті. Про можливість і необхідність об'єднання зазначених двох напрямків в один свідчить логіка репутаційного менеджменту підприємства, що відповідає забезпеченню довіри до підприємства з боку ключових стейкхолдерських аудиторій через канали комунікації.

При цьому комплекси інструментів комунікації та формування репутації з певними стейкхолдерськими аудиторіями є такими: щодо стейкхолдерської групи споживачів застосовують продуктивний PR (PR-підтримка продажів, брендинг [5]), у тому числі у складі інтегрованих маркетингових комунікацій; за напрямом роботи з так званою внутрішньою громадськістю — персоналом підприємства — внутрішній PR; задля поліпшення/оптимізації відносин із владою — GR (Government Relations); за вектором вибудовування/оптимізації відносин з інвесторами — IR (Investor Relations).

Необхідність детального розкриття, наукового опису особливостей застосування основних інструментів формування репутації підприємства в розрізі ключових стейкхолдерських аудиторій, як інструментальних напрямів репутаційного менеджменту підприємства, визначила логіку подальшого дослідження.

Мета дослідження: охарактеризувати особливості застосування основних інструментів формування репутації підприємства, а саме: PR (Public Relations).

tions), IR (InvestorRelations) та GR (GovernmentRelations) в розрізі ключових стейкхолдерських аудиторій.

Виклад основних результатів дослідження. PR, IR і GR являють собою зв'язки (relations) з основними цільовими аудиторіями, причому відносини із владою GR (GovernmentRelations) та інвесторами IR (InvestorRelations) як окремі напрями управління з часом інституційно відокремилися від зв'язків із громадськістю PR (PublicRelations). Підставою для відокремлення GR і IR у порівняно самостійні напрями стали особливі вимоги до менеджменту: для GR — це наявність і підтримування особистих зв'язків із представниками влади, для IR — це глибокі знання в галузі фінансового й інвестиційного аналізу інвесторів і, як наслідок, їх готовність вкладати кошти в розвиток підприємства.

Визначаючи місце вищеперерахованих інструментальних напрямів репутаційного менеджменту в системі бізнес-комунікацій підприємства, варто зазначити, що до останньої входить три рівноправні підсистеми:

- гіперпрагматичні корпоративні комунікації — комплекс маркетингу 4P (product, price, place, promotion). Автор цього дослідження погоджується із Є. Голубковим [10] і вважає спробу трансформувати класичні 4P у 4C — (customerneedsandwants (потреби і бажання), costtocustomer (витрати клієнта), convenience (зручність), communication (комунікація) — методологічно необгрунтованою. З огляду на це тут і далі комплекс маркетингу буде розглядатися в межах парадигми 4P. При цьому варто притримуватися відомого розуміння маркетингу, запропонованого Королівським інститутом маркетингу Великої Британії (The Chartered Institute of Marketing — CIM), як процесу в менеджменті, який займається означенням, передбаченням і задоволенням запитів споживачів із найбільшою для себе (підприємства) користю;

- помірно прагматичні комунікації — public relations (PR — запланована та підтримувана діяльність, що встановлює і розвиває гарні відносини та взаєморозуміння між компанією та її спільнотою — визначення Британського інституту публікрелейшнз (Institute of Public Relations — IPR) [11], що, у свою чергу, складаються з PR, орієнтованого на формування бренду компанії, продуктового PR, персонального PR топ-менеджменту, GR та IR;

- практика виконання корпоративної мережі бізнес-процесів — різні форми взаємодії працівників між собою, а також із зовнішнім середовищем у ході виконання відповідних бізнес-процесів. Наприклад, відвідини торговельним представником виробника харчових продуктів закладу роздрібної торгівлі — спілкування з товарознавцем і продавцями як представниками зовнішньої громадськості; робота проектної групи з впровадження ERP-системи, всі види обліку, аналіз результатів господарської діяльності.

Результатом практичної реалізації всіх перерахованих комунікативних активностей є створення корпоративного бренду (бренду підприємства) і продуктового бренда (бренду товару або послуги). Інакше кажучи, бізнес-комунікації в сукупності забезпечують брендинг — процес формування додаткової цінності (приросту ринкової капіталізації бізнесу, у т. ч. публіцитного капіталу підприємства, марочного капіталу продукту) шляхом створення

і фіксації у свідомості споживачів значимих відмінностей об'єкта просування від інших подібних об'єктів. При цьому найбільш результативним з погляду забезпечення довгострокової конкурентоспроможності підприємства є «інтегрований брендинг — обіцянка, яку ви виконуєте» [5]. На практиці така інтеграція означає, що в основу і PR-роботи, і маркетингової активності покладено одні й ті ж цінності, що обидва типи бізнес-комунікацій передбачають трансляцію одних і тих самих keymessages, а підприємство в особі працівників і продуктів виправдовує очікування своїх споживачів. На цьому ґрунтується концепція інтегрованих маркетингових комунікацій (ІМК): сумарний вплив від комбінування маркетингу та PR, GR, IR на практиці виявився значно ефективнішим, ніж вплив кожного інструментального напрямку СРМ окремо, до того ж ІМК дозволили компаніям об'єднувати бюджети, оптимізувати їх й отримувати відчутнішу віддачу.

Найбільш затребуваним інструментом формування репутації вітчизняним бізнесом є PR. Publicrelations (PR) — це інструментальний напрям репутаційного менеджменту, це менеджмент сприйняття певного товару, послуги, організації, особи з метою створення цільового враження. Роль PR у формуванні анти-крихкої репутації підприємства (компанії) є великою, а за певних умов — визначальною, адже PR — основний інструмент цілеспрямованого формуючого впливу на громадську думку. Найголовнішим принципом організації ефективної PR-підтримки репутації підприємства є безперервність стратегічного процесу, і це також є однією з базових відмінностей PR від маркетингових акцій. Приклади із практики засвідчують, що інформаційна інерція після одноразової PR-кампанії триває лише два-три місяці. І тому важливо системно генерувати інформаційні приводи, підтримуючи цікавість цільових аудиторій до розвитку підприємства.

Саме своєю стратегічною спрямованістю і довгостроковим ефектом PR, орієнтований на цілі системи репутаційного менеджменту (СРМ), відрізняється від маркетингової діяльності як суто прагматичного типу бізнес-комунікацій. Їй актуальна в контексті євроінтеграційних пріоритетів для багатьох українських підприємств переорієнтація на таке розуміння PR є кроком до переходу на новий сучасний рівень управлінського мислення.

Репутація топ-менеджменту завжди впливає на репутацію підприємства загалом. Однак цілеспрямоване формування репутації перших осіб, тобто персоналізація бізнесу, особливо необхідні компаніям:

- високоризикових, таких, що реформуються, і соціально значущих галузей (автомобільна, авіаційна, паливо-енергетичний комплекс);
- галузей, що стосуються здоров'я і безпеки людини (тютюнова й алкогольна промисловості, медицина, фармацевтика та хімічна промисловість);
- галузей, заснованих на авансованій довірі чи емоціях, зазвичай галузей сфери послуг (консалтинг, банківська сфера, страхування, шоу-бізнес тощо).

Аналізуючи інструментарій, поведінкові шаблони й алгоритми побудови образу при формуванні репутації топ-менеджменту підприємства, необхідно зазначити, що персональний PR може мати два формати: персональний PR як один з елементів загального комплексу заходів з управління репутацією

клієнтських компаній; персональний PR першої особи компанії як окремий спеціальний проект.

Відразу підкреслимо, що персональний PR передбачає високий ступінь довіри до залучених PR-фахівців, які будуть виконувати цю роботу. А таку довіру вітчизняні топ-менеджери найчастіше мають тільки до близьких людей (насамперед до членів родини), які в більшості випадків діють інтуїтивно і спеціальними знаннями не володіють. При цьому, зазвичай, мало враховують бізнес-цілі та є велика спокуса піти шляхом найменшого опору чи віддати пріоритет особистим цілям перед бізнесовими. З огляду на це, у вітчизняних умовах найчастіше персональний PR топ-менеджменту залучають до загального комплексу PR. Коли реалізують заходи із формування репутації підприємства, то вони охоплюють і PR її топ-менеджменту.

Водночас формування репутації першої особи компанії може реалізовуватися і як окремий PR-проект. Зазвичай, у таких випадках ідеться про реалізацію політичних амбіцій (без прив'язування до бізнесу), про «брендування» конкретної людини (наприклад, з метою показати потенційним роботодавцям команду топ-менеджерів, що шукають нову сферу докладання зусиль), корегування негативних аспектів персонального іміджу/репутації.

Інструменти формування та підтримки репутації персонального PR топ-менеджменту практично не відрізняються при обох зазначених форматах. Єдина відмінність полягає в тому, що в разі першого формату роботи персональний PR топ-менеджменту є одним із «наскрізних» напрямів активності, який убудовується в усі інші підсистеми PR: PR, зорієнтований на цілі СРМ, внутрішній PR, IR тощо. Причому цілеспрямоване формування цільового іміджу здійснюється як для першої особи, так і для інших топ-менеджерів (керівників, які курують окремі функціональні напрями — фінанси, маркетинг, продаж тощо). А другий формат припускає автономну розробку і реалізацію певних заходів, що охоплює: по-перше, освітні заходи: семінар з організації зв'язків із громадськістю, медіатренінг (навчання основам взаємодії зі ЗМІ), тренінг із риторики; по-друге, іміджмейкінг — проектування індивідуального цілісного образу на рівні зовнішніх атрибутів (зачіска, одяг тощо) та індивідуальної манери поведінки в суспільстві (тренінги особистісного зростання, за необхідності — коучинг); по-третє, безпосередню реалізацію PR-заходів.

Обов'язковою є розробка стратегії персонального PR для кожного «об'єкта брендування», що забезпечує трансляцію цінностей спеціально розробленого бренд-коду в зовнішнє середовище. На рівні *mediarelations* практика персонального PR — це організація появи належним чином акцентованих PR-матеріалів (щонайперше інтерв'ю) від першої особи у великих і корпоративних ЗМІ. Паралельно забезпечують присутність керівника підприємства на всіх цільових публічних заходах (як корпоративних, так і зовнішніх), участь у престижних конкурсах, рейтингах. Особливу увагу приділяють спічрайтингу — підготовці текстів публічних виступів.

Для правильного підбору заходів із формування репутації автором зазначеного дослідження запропоновано методологічний підхід до розробки стратегії персонального PR на основі класифікації підприємств Антоніо Менегетті [7] (табл. 1).

Таблиця 1. Матриця розробки стратегії персонального PR

Якості	Менеджер	Підприємець	Лідер
Харизма	?	?	+
Знання бізнесу	?	+	+
Упевненість у собі	?	?	+
Авторитет, «вага»	?	+	+
Лояльність до компанії	?	+	+
Схильність до ризику	—	+	+
Публічність	+	?	+

Позначення: ? — характеристика виявляється ситуативно; — — характеристика радше не виявляється, ніж виявляється; + — характеристика радше виявляється, ніж не виявляється [7].

У світовій і вітчизняній практиці формування репутації топ-менеджерів передбачає тісну взаємодію людини, імідж якої формується, із цілою низкою фахівців. Над іміджем топ-менеджера мають працювати, принаймні, PR-фахівець, психолог, стиліст і фахівець із ділового спілкування. Фахівців із PR бажано мати кілька: PR-радника, прес-секретаря і спічрайтера. Хотілося б підкреслити, що знання та використання інструментів персонального PR корисні не тільки топ-менеджерам, а й менеджменту середньої ланки, адже відповідно до концепції У. Скотта Вентреллі «Корпорація Я» кожна людина, незалежно від статусу в корпоративній ієрархії — бренд.

В умовах інформаційної економіки підвищується значення внутрішнього PR як вектора СРМ підприємства: в інформаційно прозорому світі репутаційні ризики дедалі частіше виникають з вини співробітників (у т. ч. останнім часом і з причини їх нелояльної до підприємства активності в соціальних мережах), внаслідок цього бізнес стає дедалі більшою мірою персонал-залежним. Нині співробітник для підприємства (компанії) — це або «посол бренду» й «адвокат бренду», або «руйнівник бренду (детрактор)». Оскільки зростає персонал-залежність бізнесу, відповідно, має посилюватися його персонал-орієнтованість. Адже наслідки внутрішніх проблем підприємства (у комунікаціях із власним персоналом) призводять до дефектів у корпоративній культурі, що створює загрозу інформаційній безпеці бізнесу: зовнішніми негативними ефектами внутрішніх проблем може стати відчутне для клієнтів погіршення якості роботи, руйнування корпоративного бренда і зниження критеріальних для підприємства (компанії) показників ефективності.

З цієї позиції, репутація підприємства залежить від його внутрішньої корпоративної культури (правильні *rolemodels*), що визначає культуру комунікацій і власне комунікативні цінності: ставлення співробітників до роботи; ставлення керівництва до підлеглих; ставлення підлеглих до керівництва; ставлення співробітників до стейкхолдерів; ставлення співробітників до характеру перебігу бізнес-процесів. Саме тому для стійкості розвитку підприємства й антикрихкості його репутації важливим є дотримання принципу «що всередині, те і ззовні» щодо внутрішніх комунікацій та їх проекції в зовнішнє середовище підприємства.

Недосконалість практики внутрішнього PR на вітчизняних підприємствах виявляється в формальному підході, неузгодженості дій різних департа-

ментів, некоректному виборі інструментарію і, найважливіше, поширеною є практика свідомої трансляції неправдивих keymessages; усе це сприяє радше руйнації, ніж зміцненню довіри персоналу. Від цих практик, прагнучи успішної євроінтеграції, вітчизняному бізнесу необхідно відмовлятися. На порядку денному — усвідомлення місця внутрішнього PR в СPM як інструмента роботи з репутаційними активами підприємства та побудови комунікації з внутрішньою аудиторією в контексті забезпечення безпеки бізнесу, налагодження системної взаємодії PR- і HR-служб, застосування інструментів ефективної внутрішньої комунікації. Щодо останніх, варто наголосити на необхідності активного застосування таких форм внутрішніх комунікацій: події комунікації, зокрема офіційні заходи (Generalmeetings), неформальні заходи (Employeecommunicationevents), друковані повідомлення (інформаційні стенди, корпоративні видання), електронні повідомлення (розсилки новин — newsletter, Інтранет-портал), і, найважливіше, ефективне каскадування інформації від топ-менеджменту до рядових співробітників.

В умовах високотурбулентного зовнішнього середовища особливого значення для підвищення стійкості розвитку підприємства набуває такий вектор системи репутаційного менеджменту, як GR (GovernmentRelations): комунікативна діяльність щодо управління репутацією підприємства, ставленням до нього представників владних структур. У світовій практиці GR є механізмом зворотного зв'язку та представлення громадських інтересів.

GR-активність підприємства зорієнтовано на комунікації із представниками нормативних груп сейкхолдерів (див. класифікацію стейкхолдерів за Г. Даулінгом [3]), зокрема уряду та регулюючих органів; GR-активність диференціюється за рівнем комунікацій — на міжнародний, національний та місцевий GR. GR-активність підприємств в Україні може бути типологізована за спрямованістю на різні рівні та гілки влади таким чином: GR щодо центральної влади (АПУ, КМУ, ВРУ), GR щодо місцевої влади (держадміністрації, місцеве самоврядування), GR-комунікації з галузевими регуляторами (наприклад НБУ), GR-активність щодо судової гілки влади, GR щодо контролюючих інстанцій (зокрема СЕС).

З позиції автора цього дослідження, мотивація до застосування GR визначається бізнес-моделлю підприємства, зокрема масштабом бізнесу (від локального до глобального) та ступенем його спеціалізованості (від стандартного до вузькоспеціалізованого). Так, для потужних бізнес-структур, орієнтованих на масовий ринок (віолентів) [9], значимість GR і ступінь GR-зусиль, що докладаються, є найвищою. Дещо нижчими будуть зазначені параметри GR для пацієнтів (підприємств, що притримуються стратегії ринкової «ніші», вузької спеціалізації). На щабель нижче за значимістю GR і ступенем GR-зусиль, що докладаються, знаходяться експлоренти (інноваційні компанії, startup); найменша значимість GR для комутантів (малих, гнучких, без чіткої спеціалізації, високоадаптивних підприємств).

Систематизуємо цілі та сформуємо типологію стратегій GR. Передусім метою активного GR є захист бізнесу, забезпечення його економічної безпеки через протидію прийняттю та реалізації державних рішень, які цій безпеці

загрожують (і, відповідно, через сприяння реалізації державних рішень, що позитивно впливають на стійкість розвитку підприємства). GR може бути консервативно спрямованим — на моніторинг діяльності державних органів та певні «профілактичні» дії — спроба встановлення довірчих відносин із владою як певним зовнішнім гарантом економічної безпеки бізнесу в країні.

Типовими завданнями, які вирішуються інструментами GR, є: захист від комерційно не вигідних державних рішень, зміцнення конкурентних позицій за рахунок ухвалення вигідних державних рішень, створення та підтримка особистих контактів в органах влади, превентивне виявлення та оперативне реагування на репутаційні ризики, робота з державою як споживачем товарів і послуг, контроль активності політиків, афілійованих із конкурентами.

Розв'язання завдань, що стоять перед GR, може операціоналізуватися через такі форми GR-комунікації:

- publicaffairs — діяльність соціального суб'єкта щодо впливу на умови ведення бізнесу через представників влади й інших акторів, які впливають на публічну політику, а також CSR (Corporate social responsibility) у формі community relations, стратегічної філантропії, приватно-державного партнерства з вагомою соціальною компонентою.

- лобіювання (лобізм) — технологічна частина GR, вирішення питань в органах влади завдяки знанню адміністративних процедур й особистим відносинам із представниками влади й акторами публічної політики, приведення формальної політики у відповідність із фактичним балансом сил.

- issuemanagement — вироблення стратегії вирішення конкретної проблеми, включаючи превентивну роботу з потенційно існуючими бізнес-ризиками, джерела яких належать до сфери компетенції владних структур.

Наголосимо на важливості встановлення в Україні високих європейських професійних та етичних стандартів GR. Вітчизняним підприємствам, що намагаються впливати на владні структури через родичів-друзів-знайомих, необхідно відходити від неправового впливу (засобами так званої «партизанщини», корупції і маніпуляції) і переходити в цивілізований європейський формат інституціоналізації GR та впливу на правове регулювання розвитку бізнесу.

Інвестиційна привабливість компанії багато в чому визначається її репутацією: обсяги фінансування, терміни й умови залучення залежать від рівня довіри інвестора. Інструментом підвищення репутації компанії серед інвесторів є такий напрям у системі репутаційного менеджменту, як Investor Relations (IR) — комплекс особливим чином організованих бізнес-комунікацій, цільовою аудиторією яких є особи, здатні впливати на структуру власності, вартість активів і перспективи залучення зовнішнього фінансування. Аналіз вітчизняної практики свідчить, що IR як один із напрямів PR у свідомості більшості менеджерів асоціюється з експертизою (duediligence) і IPO, коли підприємство має справити позитивне враження на потенційних інвесторів [12]. Однак управління інвестиційною привабливістю є винятково важливим і необхідно ще раз підкреслити, що IR є обов'язковим елементом у системі репутаційного менеджменту компаній-лідерів сучасної інноваційної еконо-

міки світу. Саме тому IR поступово знаходить належне йому місце в менеджменті тих українських підприємств, що орієнтовані на активізацію власного розвитку шляхом залучення інвестицій на світових ринках капіталу. Такі підприємства зіштовхуються з кадровими й організаційними складнощами під час створення внутрішніх IR-служб і, вирішуючи їх, використовують потенціал зовнішніх аутсорсингових PR-агентств, у тому числі і стимулюючи розвиток останніх. Однак загальний низький рівень розвитку ринку інвестицій в Україні, причини якого прийнято пов'язувати з якістю інституціонального середовища і превалюванням великого бізнесу, що належить обмеженій кількості власників, найближчим часом залишатиметься чинником, що стримує розповсюдження передових зарубіжних напрацювань теорії та методології Investor Relations у практиці управління вітчизняними підприємствами. Зауважимо, Україна розміщується на 76 місці в рейтингу сприятливості ділового середовища Doing Business-2018, який щорічно складають Світовий банк (СБ) і Міжнародна фінансова корпорація (IFC) [2].

Як свідчать результати дослідження, IR-відділ або IR-фахівець у структурі підрозділу зі зв'язків із громадськістю з'являється в українських підприємств, зазвичай, у зв'язку з їх виходом на IPO, коли необхідно справити приємне враження на потенційних інвесторів. Хоча, відповідно до зарубіжних стандартів управління, IR-фахівець (відділ) зобов'язаний існувати в будь-якій компанії, що є емітентом цінних паперів. Авральне виокремлення IR-функції перед виходом на IPO можна виправдати тільки бажанням вітчизняного топ-менеджменту створити центр відповідальності для взаємодії з компетентним аутсорсинговим PR-агентством.

З іншого боку, недовикористання вітчизняними підприємствами можливостей системного репутаційного менеджменту взагалі й IR зокрема стає фактором недовіри до них потенційних, насамперед закордонних, інвесторів. Унаслідок цього підприємства, а отже, й економіка країни загалом недоотримують інвестиції і не досягають адекватних можливих темпів економічного зростання.

Повертаючись до проблеми розвитку IR-служб компаніями, не можна не відзначити також дефіцит кваліфікованих кадрів у сфері IR. У вітчизняних умовах при пошуку кандидата на посаду IR-фахівця орієнтуються на його економічну освіту, причому з достатнім рівнем підготовки із фінансових дисциплін та корпоративного управління. Однак на практиці специфіка IR-діяльності передбачає одночасне використання людиною навичок фінансового аналізу та маркетингових технологій, вимагаючи поєднання математичних і гуманітарних здібностей.

Саме орієнтація на фахівців із фінансовою освітою визначила той факт, що в деяких підприємствах IR-відділ входить до структури так званого фінансового блоку управління. При цьому в інших компаніях він може перебувати у структурі PR-служби, а у третіх — існувати незалежно і підпорядковуватися CEO компанії або Раді директорів. Практика показує, що найефективнішим буде підпорядкування IR-менеджера (профільного підрозділу) PR-директору: IR є інтегральною частиною системної PR-роботи над репутацією підприєм-

ства, і його автономізація призводить до спотворення інформації, збоїв внутрішнього інформаційного обміну й, у підсумку, зниження ефективності загальної системи корпоративних комунікацій. Єдиним виправданням застосування будь-яких інших схем є недостатня кваліфікація співробітників внутрішнього PR-підрозділу і супутня їй відсутність комплексної PR-стратегії. У такій ситуації перепідпорядкування IR-фахівця іншим службам, яке використовують деякі українські підприємства, можна розглядати як доцільний, хоча й вимушений крок.

Ситуації, коли IR виходить на перший план у системі бізнес-комунікацій підприємницької компанії, різноманітні, і формат організації IR-роботи в кожному конкретному випадку залежить від типу компанії. Розглянемо варіанти використання IR для підвищення репутації компанії, цільові аудиторії їх IR-комунікації та інструментарій, який застосовується. При цьому автором цього дослідження проаналізовано моделі IR у підприємствах, які найближчим часом не збираються змінювати структуру власності й орієнтуються на органічне зростання. Розглянемо детально моделі IR підприємств, що дає змогу поглибити методологію формування системи репутаційного менеджменту.

Варіант 1. Невелика «молода» бізнес-система (одноосібне володіння чи партнерство; малий/середній бізнес), у якій усю владу зосереджено в руках власників. У таких підприємствах основне завдання, яке вирішується засобами IR, — формування сприятливого фінансового іміджу. Імідж серйозної компанії кредитоспроможність позичальника, на думку фінансистів, полегшує переговори з банками і міжнародними/закордонними фінансовими організаціями.

IR-повідомлення слід вводити в системну PR-роботу, залучаючи авторитетні для фінансових кіл ЗМІ і беручи участь у публічних подіях відповідної тематики [1]. Крім демонстрації загальної фінансової стійкості і сумлінності підприємства, винятково важливо переконати цільову аудиторію в тому, що бізнес конкурентоспроможний, якісно управляється ефективними менеджерами, має ліквідні активи, а в системі управління є модулі антикризового менеджменту та ризик-менеджменту.

Варіант 2. Структурована бізнес-система (одноосібне володіння чи партнерство, середній бізнес), частину повноважень делеговано власником(ами) найманому топ-менеджменту. У таких компаніях IR може залишатися сферою компетенції власників, а може бути передорученою корпоративному PR-фахівцеві [1]. У першому випадку найчастіше йдеться про дискретну підготовку презентацій для інвесторів й участь в інвестиційних форумах і виставках інвестиційних проєктів. Можливі точкові IR-кампанії, спрямовані на конкретного інвестора, увагу якого підприємство прагне привернути. У другому випадку роботу, зазвичай, ведуть більш системно. Транслюють ті самі key-messages, що й у варіанті 1, але з більшою інтенсивністю, оскільки фінансові можливості ширші.

Варіант 3. Структурована бізнес-система (одноосібне володіння чи партнерство, ПрАТ; середній бізнес), власник(и) практично відійшов/відійшли від управління. Логіка й умови IR-роботи приблизно ті самі, що й у варіанті 2. Однак IR стає функцією винятково найманих менеджерів, у яких з'являється

нове завдання — інформувати власників, які відійшли від справ, про ситуацію в компанії. IR забезпечує власникам можливість дистанційного контролю над бізнесом. З огляду на це з'являються й відповідні IR-події: зокрема, звіт команди управлінців перед власниками. У такій ситуації доцільно додати до системи трансльованих keymessages інформацію щодо високих стандартів корпоративного управління, відкритості та прозорості компанії, її соціальної відповідальності.

Варіант 4. Псевдопублічна бізнес-система (кілька власників — фактичних або номінальних, структура власності підконтрольна, пайових цінних паперів у вільному обігу немає). Відмінність псевдопублічної компанії від попередніх форматів ведення бізнесу полягає в тому, що, будучи де-юре відкритою, де-факто вона залишається настільки ж непрозорою, як і приватні компанії/партнерства. І перед усіма учасниками бізнес-процесу InvestorRelation власники ставлять одне завдання — не допустити небажаного витоку інформації. Причому вирішити її досить складно: система розкриття інформації емітентами цінних паперів ставить жорсткі умови щодо подій, які компанія-емітент зобов'язана висвітлювати. Достатньо лише згадати про такі IR-документи, як річний і соціальний звіти, а також про таку IR-подію, як збори акціонерів. Про стандарти корпоративного управління, права стейкхолдерів, соціальну й екологічну відповідальність доводиться говорити дедалі більше і якомога більше дбати про думку фондових аналітиків.

Варіант 5. Публічна компанія (акціонерне товариство, акції якого обертаються на фондовому ринку вільно, без обмежень), де підхід до IR є системним, вибудовується зворотний зв'язок з інвесторами, оскільки від обсягу залучених інвестицій безпосередньо залежить стійкий розвиток бізнесу. IR-події є максимально відкритими і масштаб добровільного розкриття інформації дуже істотний, що відповідає стандартам корпоративного управління ОЕСР.

На рівні стратегії репутаційного менеджменту важливо знайти оптимальне сполучення інструментів (інструментальних напрямів) СРМ, яке б забезпечило формування довіри до підприємства з боку його стейкхолдерів у настільки ж терміни із найнижчими витратами.

Висновки

Отже, завдяки проведеному дослідженню з'ясовано, що у формуванні репутації підприємства важливим є системний підхід. Принцип побудови системи репутаційного менеджменту підприємства відповідає забезпеченню довіри до нього згідно з визначеними векторами управління репутацією щодо ключових стейкхолдерських аудиторій через канали комунікації. Комплекси інструментів комунікації та формування репутації з певними стейкхолдерськими аудиторіями як векторами в системі репутаційного менеджменту є такими: щодо стейкхолдерської групи споживачів застосовується продуктивний PR (PR-підтримка продажів, брендинг), у тому числі у формі інтегрованих маркетингових комунікацій; за напрямом роботи з так званою внутрішньою громадськістю — персоналом підприємства — внутрішній PR; щодо формування репутації власників та топ-менеджерів підприємства для зовнішньої

громадськості — це персональний PR «перших осіб підприємства»; задля покращення/оптимізації відносин із владою — GR (Government Relations); за вектором вибудовування/оптимізації відносин з інвесторами — IR (Investor Relations). Ситуації, коли IR виходить на перший план у системі бізнес-комунікацій підприємницької компанії, різноманітні, і формат організації IR-роботи в кожному конкретному випадку залежить від типу підприємства. Запропоновано для розгляду найбільш розповсюджені варіанти використання IR для підвищення репутації компанії, цільові аудиторії їх IR-комунікації й інструментарій, який застосовують. Авторське вирішення методологічної проблеми поєднання на стратегічному рівні інструментів репутаційного менеджменту з позиції формування репутації підприємства загалом і репутації його окремих продуктів є напрямком подальших наукових пошуків.

Література

1. Choi Daewoung. Investor Relations Executives in the Top Management Team. Daewoung Choi and Shawn Mobbs. SSRN Electronic Journal, 2019. doi:10.2139/ssrn.3313640. URL: https://www.researchgate.net/publication/330567382_Investor_Relations_Executives_in_the_Top_Management_Team.
2. Doing Business. World Bank Group URL: www.doingbusiness.org/.
3. Dowling Grahame. Creating Corporate Reputations / Grahame Dowling. — Oxford University Press, 2002. 320 p.
4. Lee Jooh, Kwon He-Boong The Synergistic Effect of Environmental Sustainability and Corporate Reputation on Market Value Added (MVA) in Manufacturing Firms. *International Journal of Production Research*, 2019. — P. 1—19., doi:10.1080/00207543.2019.1578430.
5. LePlaF. Joseph. Brand Driven: the Route to Integrated Branding. Gardners Books, 2007. 299 p.
6. Martinez F., Peattie K., Vazquez-Brust D. Beyond win-win: A syncretic theory on corporate stakeholder engagement insustainable development. Business Strategy and the Environment, Firstonline version. doi:10.1002/bse.2292 URL: https://www.researchgate.net/publication/331175140_Beyond_win-win_A_syncretic_theory_on_corporate_stakeholder_engagement_in_sustainable_development.
7. Meneghetti Antonio, Silvestro De Falco. The Psychology of the Leader. *Psicologica*, 2011. 256 p.
8. Reputation Institute. URL: www.reputationinstitute.com/.
9. Азоев Г. Л. Конкуренция: анализ, стратегия и практика. Москва: Центр экономики и маркетинга, 1996. 280 с.
10. Голубков Е. П. Основы маркетинга: учеб. Москва: Фин-пресс, 1999. 656 с.
11. Джефкинс Ф., Ядин Д. Паблік рилейшнз. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 416 с.
12. Королько В. Г. Паблік рилейшнз. Наукові основи, методика, практика: підруч. — 2-е вид. доп. Київ: Видавничий дім «Скарби», 2001. 400 с.

USING THE METAPROGRAM APPROACH IN THE WORK OF THE PERSONNEL MANAGER

H. PENCHUK

National University of Food Technologies

Key words:

*Metaprogram approach
Metaprograms
HR Manager
Metaprogram profile
Recruitment*

Article history:

Received 14.05.2019
Received in revised form
05.06.2019
Accepted 25.06.2019

Corresponding author:

H. PENCHUK
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper is devoted to the study of the use of meta-program approach in the work of HR Manager. The essence of the concept of metaprogram as, internal characteristics, way of thinking of the person on the basis of which his behavior is based is given. A review of the history of the study of this issue is also given. It is determined that the main advantages of the metaprogram approach is ease of use, no need for the study to answer in writing to standardized questions, the ability to fully control the process of diagnosis, etc. The existing classifications and a brief description of the main metaprograms are presented. The connection between metaprogram approach and modern practice of personnel selection in the organization is shown. An algorithm for carrying out metaprogramming recruitment, which allows to identify the most important characteristics of the style of thinking that gives information about how person will cope with the job, it claims and includes the preparation metaprogramming the job profile of the future employee and the vacancy announcement, the analysis of candidates' resumes, conducting telephone interviews, interviews in the company, the comparison of the results obtained with metaprogramming profile positions. It is revealed that the metaprogram approach will be a useful tool in such aspects of work with the personnel: recruiting; adaptation; motivation; internal communications; training. It is indicated that the metaprogram diagnostics is a fairly complex skill that requires long-term training, as well as the work of a specialist himself. The HR Manager should learn how to formulate questions correctly. What is important is not the number of questions, but what information can be gleaned from the answers. It is very important to approach each candidate and job individually, because there is no ideal candidate for a particular job. Every metaprogram should always be seen as positive and useful — it is important only to find the context in which it can be most effective. Having this information, you can avoid many mistakes at the interview stage and ensure the successful development of the organization, selecting employees with the most suitable sets of metaprograms.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТАПРОГРАМНОГО ПІДХОДУ У РОБОТІ МЕНЕДЖЕРА З ПЕРСОНАЛУ

Г. С. Пенчук

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена дослідженню використання метапрограмного підходу в роботі менеджера з персоналу. Наведено сутність поняття метапрограми як внутрішніх характеристик, способу мислення людини, на підставі яких будується її поведінка. Здійснено огляд історії вивчення питання. Визначено, що головними перевагами метапрограмного підходу є простота у застосуванні, відсутність необхідності відповідати письмово на стандартизовані питання, можливість повністю контролювати процес діагностики тощо. Представлено існуючі класифікації та стислий опис основних метапрограм. Показано зв'язок між метапрограмним підходом і сучасною практикою підбору персоналу в організації. Складено алгоритм проведення метапрограмного підбору персоналу, який виявляє найважливіші характеристики його стилю мислення, що дає інформацію про те, наскільки успішно людина буде справлятися з роботою, на яку вона претендує. Алгоритм включає: складання метапрограмного профілю посади майбутнього працівника та оголошення про вакансію, аналіз резюме кандидатів, проведення телефонної співбесіди, інтерв'ю в компанії, зіставлення отриманих результати із метапрограмним профілем посади. Виявлено, що метапрограмний підхід буде корисним інструментом у таких аспектах роботи з персоналом, як рекрутинг, адаптація, мотивація, внутрішні комунікації, навчання. Зазначено, що метапрограмна діагностика є достатньо складною навичкою, що вимагає тривалої підготовки, а також роботи спеціаліста над собою. Менеджеру з персоналу слід навчитись правильно формулювати запитання. Важлива не так кількість запитань, скільки те, яку інформацію можна отримати з відповідей. Дуже важливо підходити до кожного кандидата та вакансії індивідуально, адже немає ідеального кандидата для певної вакансії. Слід завжди кожну метапрограму розглядати як позитивну та корисну — важливо тільки знайти той контекст, в якому вона зможе бути найбільш ефективною. Враховуючи цю інформацію, можна уникнути багатьох помилок вже на стадії співбесіди і гарантувати успішний розвиток організації, підбираючи співробітників з найбільш придатними наборами метапрограм.

Ключові слова: метапрограмний підхід, метапрограми, менеджер з персоналу, метапрограмний профіль, підбір персоналу.

Постановка проблеми. У роботі організації можуть виникати серйозні збої через те, що керівники, звертаючи основну увагу на фінансові, виробничі питання, питання матеріально-технічного забезпечення чи збуту готової продукції, не приділяють належної уваги особистим якостям персоналу, який забезпечує роботу організації за всіма цими напрямками. Помилки при підборі нових працівників можуть призводити до проблем, які серйозно впливати-

муть на роботу компанії, таких, як висока плінність кадрів, поганий морально-психологічний клімат (конфлікти, недбале ставлення до дорученої справи), зниження трудової і виконавчої дисципліни (низька якість роботи, прогули, запізнення на роботу, низька ефективність використання робочого часу, невиконання розпоряджень керівництва) [12].

Саме тому в умовах розвитку соціально орієнтованого суспільства, виникає необхідність при підборі персоналу оцінювати, поряд з результатами праці, здібності працівників, їхні соціально-психологічні якості, інтелектуальний рівень та інноваційну діяльність, активізація яких дає можливість більш повно реалізувати потенціал підприємства. Нині менеджери з персоналу використовують безліч різних способів оцінки персоналу і підходів до неї — від компетенцій до інтуїції. Одним із таких підходів є метапрограмування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню метапрограм та їх базових визначень присвячені праці таких науковців, як Дж. Ліллі [5], Р. Ділтс [2], Л. Камерон-Бендлер [19], Дж. О'Коннор [10], Дж. Сеймор [10], М. Холл [15] та ін. На особливу увагу заслуговують праці фахівців непсихологічного профілю [17], зокрема філологів Т. Ковалевської [4], В. Скрябіної [13]. Практичним застосуванням, виявленням та корегуванням власних метапрограм, а також їх застосуванням в процесі праці займаються такі відомі вчені, як: К. Гайдученко [1], Н. Качанова [3], Т. Макота [6], С. Шипунов [16] та ін. Незважаючи на різноплановість і глибину проведених досліджень, у вітчизняній науці недостатньо приділяється уваги визначенню проблем і перспектив використання метапрограмного підходу у роботі менеджера з персоналу.

Метою статті є дослідження використання метапрограмного підходу в роботі менеджера з персоналу.

Викладення основних результатів досліджень. Метапрограми — це внутрішні характеристики, способи мислення людини, на підставі яких будується її поведінка. Знаючи, як сприймає світ інша людина, ми можемо зрозуміти, як вона мислить і приймає рішення, що її надихає, а що — демотивує. Таким чином отримуємо чудовий інструмент не тільки розуміння себе та інших людей, але й того, як з ними взаємодіяти найбільш ефективним способом, причому ефективним і для нас, і для іншої людини. Те, як мислить людина, багато в чому визначає, яку роботу і як саме вона буде її виконувати, що вона буде робити легко і якісно, а що важко і з помилками. Враховуючи цю інформацію, можна уникнути багатьох помилок вже на стадії співбесіди і гарантувати успішний розвиток організації, підбираючи співробітників з найбільш придатними наборами метапрограм [1].

У науковий обіг термін «метапрограмування» був уведений науковцем Дж. Ліллі. У праці «Програмування та метапрограмування людського комп'ютера» (1968) він порівняв людське мислення за аналогією з комп'ютерним [5]. Метапрограмний підхід був вперше описаний у кінці 70-х років минулого століття і, починаючи з 1982 р., успішно застосовується в різних сферах бізнесу.

Великий досвід отримано за використання метапрограмного підходу при підборі, адаптації та супроводу персоналу. Він дає можливість швидко, висо-

кодостовірно, варіативно підійти до діагностики особистості та поведінки людини. Головними перевагами метапрограмного підходу є простота у застосуванні, відсутність необхідності відповідати письмово на стандартизовані питання, можливість повністю контролювати процес діагностики та ін. (рис). Важливим є те, що метапрограмний підхід сприяє кращому розумінню опонента у процесі інтерв'ю, оскільки питання, що задаються для виявлення метапрограм, в основному прості та зрозумілі [6].

Натепер у практиці метапрограмування виділяють п'ять основних класифікацій метапрограм [1]:

1. Класифікація метапрограм, створена Л. Камерон-Бендлер і Р. Ділтсом (1980—1982 рр.). Це, можна сказати, класичний і початковий варіант.

2. Класифікація «LAB Profile» — лінгвістичний і поведінковий профіль (BALI Screening Company inc. Dallas, 1987) для організаційного консультування компаній, створена Р. Бейлі [2].

3. Класифікація М. Холла, що включає в себе 51 метапрограму, посортувавши їх за певними параметрами діяльності (пізнавальний, емоційний, комунікативний аспекти тощо). Він також зазначає, що кількість метапрограм може бути збільшена, і пропонує певні шаблони для виявлення нових форм метапрограм [15].



Рис. Переваги метапрограм як інструменту підбору персоналу,
складено автором за даними [1; 6]

4. Класифікація, близька до початкової і використовується на курсах «НЛП-Мастер» в СНГ. Розроблена Е. Ентус (тренером НЛП, завдяки якій НЛП з'явилося і поширилося на території СНГ) та доопрацьована А. Плигіним і О. Герасимовим («Центр НЛП в Освіті»).

5. Різноманітні варіанти, в яких зібрані тим або іншим чином вже наявні описи метапрограм.

З проведених досліджень можна виділити такі метапрограми, що найчастіше використовуються у підборі персоналу [1]:

1. Класифікація світу (люди, цінності/результати; процеси/процедури; речі/дії; місце; час).

Так, наприклад, людина з переважною класифікацією «Люди» всю інформацію про світ прив'язує до конкретної людини. У промові людини такого типу згадується завжди дуже багато імен.

«Люди-цінності» виділяють щось головне, важливе в будь-якій справі. Для «Людей результату» пріоритетом є результат. У їхній розмові обов'язково звучать звороти на зразок «для чого», вони завжди уточнюють, заради чого, заради якого результату потрібно те, що від них хочуть. Людина з переважним акцентуванням на процесах фіксується саме на дії. У її промові безліч дієслів. На відміну від неї «Людині процедури» важливі не просто дії, а їх послідовність, порядок. У її промові постійно з'являється «по-перше», «по-друге», «передусім», «в той час, як ...».

«Людина речі» в повній відповідності з назвою цінує речі, насамперед предмети. «Людина місця» на перше місце ставить місце, де відбувається якийсь процес. Її внутрішній світ схожий на географічну карту, і навіть в розмові вона завжди починає саме з місця дії.

«Людина часу» абсолютно все намагається прив'язати до точної дати. У її промові насамперед згадується, коли відбувалася подія, і лише потім — все інше, пов'язане з нею (де, з ким і що, власне, взагалі сталося). Вона завжди конкретизує часові проміжки, тож, отримавши завдання, для неї набагато важливіше чітко регламентувати для себе час і розподілити його на тимчасові проміжки (що скільки часу займе), ніж навіть усвідомити його мету [18].

2. Стиль організації інформації: сенсорна репрезентативна система (візуальна, аудіальна, кінестетична); розмір, інформаційного блоку (глобальне/детальне мислення); спосіб мислення (розукрупнення, укрупнення, аналогія).

Людина з домінуючою візуальною системою, як правило, швидко розмовляє, активно жестикулює, нетерпляча в розмові. Коли вона щось пояснює, то намагається показати образ, який виникає перед її очима. Візуал швидко схоплює все нове, легко запам'ятовує інформацію. Аудіали говорять розмірено, думки викладають послідовно, їх мова виразна. При необхідності вони можуть дослівно повторити виклад власних думок. Аудіали прагнуть бути послідовними і логічними. Легко засвоюють мови, вони хороші оповідачі, їх приємно слухати. Кінестетики більш ніж інші здатні до глибокого емоційного співпереживання. Вони, зазвичай, говорять повільно, низьким приємним голосом. Їхнє мислення інтуїтивне, а інтуїція працює швидше за логіку. Власне, сама логічність не має для них істотного значення, що дозволяє їм приймати неординарні рішення. Кінестетики користуються великою повагою колег [14].

Люди з глобальним типом мислення будуть використовувати абстрактні приклади і говорити про цілі й напрями. Ці люди можуть відмінно прорахувати, який вплив на діяльність організації в цілому буде мати той чи інший проект, його вони бачать у цілому. Але при цьому люди з глобальним типом мислення можуть допускати неточності і прорахунки, ігнорувати дрібні деталі.

Люди зі специфічним типом мислення будуть зупинятися на деталях, описувати етапність, послідовність. Ці люди чітко бачать взаємозв'язок етапів проекту, дрібні його складові. Але їм складно охопити всю картину в цілому [9].

3. Фокус порівняння (подібність, відмінність). Люди, у яких яскраво виражений полюс «подібність» (їх близько 15%), схильні до виконання рутинної роботи протягом тривалого часу. Вони можуть стабільно працювати на одному місці більше 10 років. Якщо на робочому місці відбувається дуже багато змін (в тому числі порушень правил і стандартів діяльності), вони відчувають стрес і можуть звільнитися.

На протигагу їм, люди з вираженим полюсом «відмінність» (таких 20—25%) просто обожають все нове, революційне, незвичайне. Час стабільної роботи на одному місці у них може бути зовсім невеликим — близько одного року, а то й менше. Вони захоплюються новими ідеями і проектами, але, досягнувши успіху (або зіткнувшись з серйозними труднощами, необхідністю копійчастої реалізації ідеї), швидко втрачають до них інтерес. Такі люди самі ініціюють зміни, люблять роботу в мінливому оточенні [8].

4. Мотивація: напрям мотивації (від/до); стиль відповіді (активний/рефлексивний). Мотивація «до» — заснована на прагненні людини до чогось, що принесе йому радість і задоволення. Мотивація «від» — заснована на прагненні людини піти від проблем, які можуть доставити негативні переживання.

Активна людина сама проявляє ініціативу й швидко починає справу, просуваючи її вперед. При цьому необов'язково, що ця людина швидко виконує роботу. Вичікувальна (рефлексивна) людина чекає, коли інші почнуть діяти, або вичікує слушної нагоди для старту. Вона може провести в нерішучості багато часу або взагалі не вжити жодних заходів, мотивуючись зовнішнім впливом. Це не означає, що вона повільно працює, просто для початку руху їй потрібен вплив ззовні, якийсь імпульс, який підштовхне до початку виконання роботи [11].

5. Референція (внутрішня, зовнішня). Тип референції показує, яким чином співвідноситься власна та чужа думка під час прийняття рішень й самооцінки людини. Внутрішня референція передусім означає орієнтування на власну думку, бачення та позицію. Зовнішня — на думку оточуючих, об'єктивні результати, прийняті норми, громадську думку. Змішана референція — це поєднання і того, і іншого [11].

6. Час — орієнтація в часі (минулий, теперішній, майбутній); часові координати: (у часі/позачасом). Для людей із розвинутою метапрограмою «Минулий час» важливі традиції. Тих, у кого розвинута метапрограма «Майбутній час», цікавить все, що буде в майбутньому. Тобто якщо сказати працівнику, що його чекає в майбутньому, він виконає певне завдання. Для людей із розвинутою метапрограмою «Теперішній час» важливо, що відбувається тут і зараз. Тобто за виконану роботу працівникові, орієнтованому на теперішній час, найкращою винагородою буде, наприклад, відпустка чи матеріальне заохочення [1].

Окрім вищезазначеного, часова метапрограма пов'язана з тим, як зазвичай людина сприймає ситуацію — переважно асоційовано (у часі) або дисоційовано (поза часом). Люди з наскрізним часом (поза часом) вважають за краще спостерігати за розвитком подій. Вони в середньому менш емоційні і менш рухливі порівняно з людьми в часі. Останні ж, тобто люди з включеним

часом, вважають за краще асоціюватися в ситуацію, переживати її зсередини. Відповідно, у них більш інтонована мова, вони більше рухаються [7].

7. Переконавачі (інтенсивність, кількість разів, період часу, частота, «ніколи не переконаний»). Метапрограма виявляє фактори, які впливають на прийняття рішення.

Особливістю застосування метапрограмного підходу у підборі персоналу та особового складу є складання профілів — певних бажаних або небажаних значень за тими чи іншими метапрограмами. За збігу вищеперелічених метапрограмних якостей у кандидата менеджер з персоналу може з великою ймовірністю розглядати людину як потенційного нового співробітника. Звісно, лише самого профілю кандидата недостатньо для того, щоб прийняти остаточне рішення на прийом на роботу. Складання метапрограмного профілю є інструментом, що дає можливість менеджеру зрозуміти вимоги конкретної посади, вимоги до кандидата, сильні та слабкі сторони кожного претендента. Все це у комплексі допоможе менеджерам з персоналу здійснювати значно менш помилок у процесі підбору, а це — гроші, витрачені на пошук нових кандидатів [6]. Процедуру створення метапрограмного профілю роботи з персоналом чи особовим складом можна описати таким простим алгоритмом:

- скласти метапрограмний профіль посади: проаналізувати мету, функціональні обов'язки посади, корпоративну культуру компанії;
- скласти орієнтований метапрограмний профіль майбутнього співробітника, щоб за його допомогою визначити, хто з кандидатів зможе виконувати запропоновану роботу найбільш якісно і ефективно, а також легко сприйме корпоративну культуру компанії та увіллється в колектив. Складаючи метапрограмний профіль, як правило, виділяють метапрограми бажані (зазвичай, їх три або чотири) і небажані для певної посади. Тож, визначальними будуть не всі метапрограми, а кілька найбільш актуальних [1]. Окремі ж метапрограми можна проігнорувати, тому що для конкретної посади вони несуттєві;
- скласти оголошення про вакансію через відповідні метапрограмні фільтри;
- проаналізувати резюме кандидатів. Багато метапрограм працівника можна виявляти з поданого тексту;
- провести телефонну співбесіду та попередньо виявити особисті якості кандидата. Це допоможе визначити, чи підходить компанії такий співробітник, і чи є сенс запрошувати його для особистої зустрічі;
- провести співбесіду або інтерв'ю;
- зіставити отримані результати з метапрограмним профілем посади.

Описаний алгоритм використання метапрограмного профілю дає можливість скласти чітке та визначене розуміння особливостей підбору персоналу для будь-якої вакансії. Окрім описаного напряму роботи з персоналом чи особовим складом, метапрограмний підхід буде корисним інструментом у таких аспектах роботи з персоналом та особовим складом:

- рекрутинг — пошук відповідних кандидатів згідно зі складеними метапрограмними профілями професії;
- адаптація — йдеться про індивідуальний підхід у процесі адаптації, залежно від метапрограмних особливостей кожної людини;

- мотивація — врахування метапрограмних особливостей розкриває широкі можливості щодо побудови мотиваційної стратегії управління персоналом, переманювання працівників інших структур та фірм, збереження конфіденційної інформації;

- внутрішні комунікації — підтримання внутрішніх комунікацій у межах однієї компанії, недопуск витоку інформації, забезпечення правильного розуміння наказів, вказівок, розпоряджень завдяки вірному формулюванню;

- навчання — один із найважливіших компонентів роботи з персоналом, що охоплює передачу досвіду, знань, навичок від досвідчених професіоналів до молодих спеціалістів, що лише розпочинають виконання своїх обов'язків. Саме метапрограми дають можливість правильно, адекватно підбирати методи відповідного, ефективного навчання [6].

Однак метапрограмна діагностика є достатньо складним навиком, що вимагає тривалої підготовки, а також роботи спеціаліста над собою. Менеджеру з персоналу слід навчитись правильно формулювати запитання. Важлива не так кількість запитань, скільки те, яку інформацію можна отримати з відповідей. Дуже важливо підходити до кожного кандидата та вакансії індивідуально, адже немає ідеального кандидата для певної вакансії. Слід завжди кожен метапрограму розглядати як позитивну та корисну — важливо тільки знайти той контекст, в якому вона зможе бути найбільш ефективною. Інші галузі застосування метапрограмного профілю також тривалої професійної підготовки, глибокого розуміння психології, нейропсихології, нейролінгвістичного програмування, гіпнозу [6].

Висновки

Отже, використання метапрограмного підходу у роботі менеджера з персоналу засновано на складанні та аналізі метапрограмного портрета людини виявляє найважливіші характеристики її стилю мислення, що дає інформацію про те, наскільки успішно людина буде справлятися з роботою, на яку вона претендує [11]. При цьому підхід до кожної посади, як і до кожного кандидата, має бути індивідуальний: немає необхідності перевіряти наявність здібностей до стратегічного планування у претендента на посаду кур'єра. Однак ці здібності важливо оцінити у співробітника, якого планують зарахувати в резерв на просування.

Щодо метапрограм необхідно зауважити таке:

1. Немає хороших або поганих метапрограм, також як і немає хороших або поганих кандидатів, правильних і неправильних відповідей. Просто деякі претенденти більше відповідають прийнятим у компанії уявленням про співробітника, її корпоративній культурі. Кожне робоче місце унікальне і вимагає відповідного фахівця.

2. Метапрограми — лише інструмент, за допомогою якого менеджер з персоналу з'ясує стійкі переваги кандидата. Вони корисні при розробці систем оцінки та мотивації персоналу, надають можливість прогнозувати, як довго кандидат пропрацює на запропонованій посаді.

3. Проведення співбесіди на основі проектних методик підвищує якість підбору персоналу та економить як робочий час менеджера з персоналу, так і кошти організації.

4. Розуміння та врахування особливостей і цінностей людини дають змогу більш точно мотивувати його до роботи. Це дуже важливо в роботі будь-якого менеджера з персоналу.

Враховуючи цю інформацію, можна уникнути багатьох помилок вже на стадії співбесіди і гарантувати успішний розвиток організації, підбираючи співробітників з найбільш придатними особистими якостями.

Перспективним напрямом досліджень є пошук і відпрацювання методів та способів зміни метапрограм в особового складу та персоналу, корекції та самоконтролю над цими процесами.

Література

1. Гайдученко К. Метапрограми для бізнес-практиків. Сучасні інструменти розуміння людей та впливу на них. К.: «Издательство Ростислава Бурлаки», 2018. 196 с.
2. Дилтс Р. Моделирование с помощью НЛП. СПб.: Питер, 2011. 288 с.
3. Качанова Н. Метапрограмы — искусство задавать вопросы URL: [http:// www. hrportal.ru/article/metaprogrammy-%E2%80%94iskusstvo-zadavat-voprosy](http://www.hrportal.ru/article/metaprogrammy-%E2%80%94iskusstvo-zadavat-voprosy).
4. Ковалевська Т. Ю. Елементи НЛП у дослідженнях особистісної лінгвоментальності. *Філологічні науки*. Суми: СДПУ ім. А. С. Макаренка, 1999. С. 58—66.
5. Лилли Д. Программирование и метапрограммирование человеческого биокомпьютера; перевод с английского. К.: София, Ltd., 1994.
6. Макота Т. В. Використання метапрограм у роботи з кадрами. *Вісник ЛДУВС*. 2012. № 2(1). С. 426—433.
7. Метапрограмма: ВО-ВНЕ времени. URL: <http://realfaq.ru/discussion/11996/metaprogramma-vo-vne-vremeni>.
8. Метапрограммы — искусство задавать вопросы. URL: <https://hrliga.com/index.php?id=985&module=profession&op=view>.
9. Метапрограммы при подборе персонала. URL: <https://personal-ua.com/index.php/sobesedovanie/vidy-sobesedovaniy/5837-metaprogrammy>
10. О'Коннор Дж., Сеймор Дж. Введение в нейролингвистическое программирование. Как понимать людей и как оказывать влияние на людей. М.: Библиотека А. Миллера, 2005. 272 с.
11. Омельченко Ю. Ю. Використання технології метапрограмування у практиці добору персоналу. Соціально-трудові відносини: теорія та практика. К. 2013. № 1. С. 157—163.
12. Опаріна Х. С., Ковальська К. В. Сучасні методи відбору персоналу на підприємстві Молодий вчений. 2015. № 5(20). С. 38—44.
13. Скрябіна В. Метапрограми мовців у міжкультурній комунікації. *Вісник Львівського національного університету імені Івана Франка*. Серія іноземні мови. 2010. Вип. 17. С. 25—31.
14. Типы репрезентативных систем. URL: <http://stimulas.ru/motivators/tipyi-reprezentativnyih-sistem.html>.
15. Холл М., Боденхаммер Б. 51 метапрограмма НЛП. Прогнозирование поведения, «чтение» мыслей, понимание мотивов. СПб.: ПраймЕВРОЗНАК, 2007. 347 с.
16. Шипунов С. А. Подбор персонала на основе анализа метапрограммного портрета человека. Золотые россыпи современного НЛП. М.: Твои Книги, 2009. 448 с.
17. Щетініна Л. В., Рудакова С. Г., Глазунова М. В. Метапрограмний портрет фахівця: значення, алгоритм розробки та результати використання. *Ефективна економіка*. 2017. №6. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5634>.
18. Що таке метапрограми нашої свідомості? URL: <http://arhiv-statey.pp.ua/index.php?newsid=19038/>.
19. Cameron-Bandler Leslie. Know How: Guided Programs for Inventing Your Own Best Future. Futurepace; Edition Unstatededition. 1986. 270 p.

CUSTOMERS RELATIONSHIP MANAGEMENT SYSTEM: THEORETICAL ASPECT

O. Vialets

Institute of Post-Diploma Training of National University of Food Technologies

Key words:

*Customer-oriented
approach
Customer relationship
management
Management system*

Article history:

Received 16.05.2019
Received in revised form
31.05.2019
Accepted 12.06.2019

Corresponding author:

O. Vialets

E-mail:

fedorova_oksa@ukr.net

ABSTRACT

The process of enterprise management requires flexible response to the today's challenges for ensuring balanced development of the enterprise in long-term perspective. The paper deals with the necessity to shift emphasis from the enterprises production to the customers' behavior, motives, vision and the transformation of the relationships with the clients into the most important asset of an enterprise.

The purpose of the paper is to study the essence of the concept of the customer relationship management system. As a result of the research it is considered different approaches to understanding the content of the customer relationship management. In the paper it is proposed to consider the customer relationship management from the position of strategic proactive client-oriented approach.

Customers become a company cash flow source under the influence of today's challenges. That's why detailed knowledge about customers allows to do their segmentation depending on needs and future economic value for an enterprise. Wherein, top management must do everything possible to avoid a strategic gap between results of their activities and positions of their competitors.

As the result of the study, the author identified and summarized the problem symptoms of the interaction of enterprises with customers, that leads to a drop in profitability. It is highlighted the main components of the customer relationship management system: customer knowledge management; product promotion marketing policy; sales system; value creation for a customer; price policy; customers relationship information environment. It is proved that formation of an effective customer relationship management system allows to form the client capital of an enterprise and to provide multivariate effective management decisions.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВЗАЄМОВІДНОСИНАМИ З КЛІЄНТАМИ: ТЕОРЕТИЧНИЙ АСПЕКТ

О. В. В'ялець

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

Для забезпечення збалансованого розвитку підприємств у довгостроковій перспективі процес управління підприємством потребує гнучкого реагування на виклики сьогодення. У статті розглянуто необхідність зміщення акцентів з продукції підприємств на поведінку, мотиви, бачення клієнтів і перетворення стосунків з клієнтами в один з найважливіших активів підприємства.

Метою статті є дослідження змістовної сутності поняття системи управління взаємовідносинами з клієнтами. В результаті дослідження розглянуто різні підходи до розуміння змісту управління взаємовідносинами з клієнтами. Запропоновано розглядати управління взаємовідносинами з клієнтами з позиції стратегічного проактивного клієнтоорієнтованого підходу.

З'ясовано, що під впливом викликів сьогодення клієнти стають джерелом грошових потоків компанії, тому детальні знання про клієнтів дають змогу провести їх сегментацію залежно від потреб і майбутньої економічної цінності для підприємства. При цьому вище керівництво підприємств повинне зробити все можливе для уникнення стратегічного розриву між результатами своєї діяльності і позиціями своїх конкурентів.

У результаті дослідження визначено й узагальнено проблемну симптоматику взаємодії підприємств з клієнтами, що спричиняє падіння прибутковості. Виділено основні складові системи управління взаємовідносинами з клієнтами: управління знаннями про клієнта; маркетингову політику просування продукції; систему продажів; створення цінності для клієнта; цінову політику; інформаційне середовище взаємовідносин з клієнтами. Доведено, що формування ефективної системи управління взаємовідносинами з клієнтами забезпечить формування клієнтського капіталу підприємства та поліваріантність ефективних управлінських рішень.

Ключові слова: *клієнтоорієнтований підхід, управління взаємовідносинами з клієнтами, система управління.*

Постановка проблеми. *Сучасна ринкова ситуація характеризується лавіруванням вітчизняних підприємств між впливом зовнішніх кризових викликів, в яких перебуває Україна протягом останніх п'яти років, і проблемами внутрішнього характеру.*

У таких умовах формування на підприємстві ефективної системи управління взаємовідносинами з клієнтами є об'єктивною відповіддю на кризові виклики сьогодення, спрямованою на підвищення конкурентоспроможності шляхом збереження існуючих клієнтів, через задоволення їхніх потреб і підвищення лояльності, пошук нових клієнтів та ефективну взаємодію з ними.

Однак впровадження такої системи досить часто є неефективним внаслідок нерозуміння того, що для ефективного управління підприємством необхідно використовувати системний підхід до формування не тільки інформаційного, але й економічного, організаційного та інших видів забезпечення.

Незважаючи на те, що основна складова системи взаємовідносин з клієнтами — це технологія CRM (Customer Relationship Management), використання її суто як програмного продукту може призвести до провалу, оскільки успішне впровадження та управління системою вимагає інтегрованого та збалансованого підходу до технології, процесу та людей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематиці зазначеного питання присвячені дослідження як вітчизняних, так і зарубіжних науковців. Так, ефективність взаємодії з клієнтами досліджували П. Друкер, Ф. Котлер, М. Портер, Ж.-Ж. Ламбен, А. Парват'єр, Т. Шеє, Р. МакКінзі, М. Соні, Дж. Забіні та інші. Окремі складові змістовного наповнення клієнтського капіталу як економічної категорії досліджено в працях В. Добриніна, В. Верби, О. Тищенко, І. Проніна, Н. Краснокутської. Питанням впровадження CRM-системи на підприємстві та управління нею присвячені праці Л. Ліщинської, О. Шарпи, С. Ковальчук, А. Демидова, В. Рейнартца, М. Крафта, С. Маріуса та інших.

Проте аналіз наукових публікацій засвідчив, що наявні пропозиції не охоплюють весь комплекс питань, які потребують вирішення. Актуальною залишається об'єктивна необхідність формування й ефективного застосування системи управління взаємовідносинами з клієнтами на сучасному підприємстві під впливом викликів неоекономіки.

Мета статті полягає в дослідженні змістовної сутності поняття системи управління взаємовідносинами з клієнтами.

Викладення основних результатів дослідження. Будь-який бізнес передбачає взаємодію між компанією та її стейкхолдерами. В умовах зростаючої конкуренції проблема управління цією взаємодією набирає особливої актуальності. Зокрема, стосунки з клієнтами перетворюються в один з найважливіших активів компаній, що вимагає зміщення акцентів з їхньої продукції на клієнтів. У розвинених ринкових економіках уся діяльність зі створення і споживання благ наслідуює принципи підприємництва. Підприємництво все більше інституціоналізується в інформаційному полі економіки, набуваючи не тільки суто виробничого характеру [1, с. 8]. Як наслідок, багато організацій відходять від продуктово-орієнтованого та бренд-орієнтованого маркетингу до клієнт-орієнтованого підходу. За таких умов і виникла концепція управління взаємовідносинами з клієнтами (Customer Relationship Management) як спосіб вирішення поставлених завдань.

Серед науковців немає єдиного підходу щодо визначення сутності управління взаємовідносинами з клієнтами. Ймовірно тому, що він все ще знаходиться на етапах формування. Залежно від пріоритетності тих чи інших принципів в економічній науковій літературі існують різні підходи до розуміння змісту такого управління.

Так, Н. С. Краснокутська та Р. С. Тихонченко [2, с. 34], дослідивши праці А. Парват'єра і Т. Шеє Р., МакКінзі, М. Соні і Дж. Забіні, виділили два підходи до розуміння змісту управління взаємовідносинами з клієнтами. Перший

підхід передбачає розгляд змісту управління взаємовідносинами з клієнтами з точки зору організаційного процесу, спрямованого на усунення бар'єрів між клієнтами і виробниками за рахунок їх взаємної участі у виробництві та споживанні товарів і послуг. Така взаємна участь набуває форми колабораційної діяльності зі створення загальної ціннісної пропозиції. При цьому корисність виробника для суспільства без лояльних клієнтів набагато менша, ніж за умов їх наявності. Другий підхід — розгляд змісту управління взаємовідносинами з клієнтами з позиції здатності до організації діалогу з усіма контактними аудиторіями клієнтів. Мета управління, заснованого на такому діалозі, полягає в інтеграції інформації з різних джерел продажу, обслуговування клієнтів і співробітництво партнерів у ланцюжку створення цінності.

В. А. Верба та О. О. Тищенко розглядають взаємовідносини з клієнтами через призму клієнтського капіталу як відносно стійкої системи елементів, що дають змогу сформуванню надійні, довгострокові довірчі та взаємовигідні відносини компанії зі своїми власниками (акціонерами), інвесторами, страховиками, клієнтами, покупцями, працівниками, посередниками, постачальниками та іншими партнерами з метою забезпечення реалізації стратегічних цілей підприємства [3, с. 187].

Деякі науковці розглядають управління взаємовідносинами з клієнтами як бізнес-стратегію, яка заснована на використанні передових управлінських та інформаційних технологій. [4, с. 206]. Зокрема, О. М. Шарапа розглядає управління взаємовідносинами з клієнтами з точки зору бізнес-стратегії з вибору й управління відносинами із споживачами з метою оптимізації вартості підприємства у довгостроковій перспективі [5, с.178].

П. Гембл, М. Стоун та Н. Вудкок [6] визначили систему управління взаємовідносинами з клієнтами як методології, технології та можливості електронної комерції, які використовуються для управління відносинами з клієнтами. Але система управління взаємовідносинами з клієнтами має функціонувати, крім електронної комерції, також і в фізичному бізнесі.

Р. Г. Долінська [7, с. 113], розвиваючи теорію управління взаємовідносинами з клієнтами з позиції концепції оцінки цінності взаємовідносин, зазначає, що не завжди поведінкою партнерів управляє бажання досягти максимізації економічних вигод. В умовах динамічного ринку на перший план часто виходить досягнення стабільності. Тому часто партнери можуть пожертвувати поточною економічною вигідністю і вибрати менш вигідні, але більш стабільні напрямки розвитку. Процес управління взаємовідносинами суб'єктів мережі має як економічний, так і психологічний та стратегічний зміст, оскільки він виступає не тільки частиною, але й результируючим елементом загального процесу створення споживчої цінності та управління попитом.

Вибудовування власного бачення теорії досліджуваного питання дає змогу стверджувати, що управління взаємовідносинами з клієнтами має розглядатися саме з позиції стратегічного проактивного клієнтоорієнтованого підходу. Оскільки, зважаючи на виклики сьогодення (політичні, суспільні, економічні), клієнти, за умов високої обізнаності, значної диференціації продукції, товарів і послуг, можливості швидко знаходити альтернативу задоволення своїх потреб, стають джерелом грошових потоків компанії. Управлінці, які

дозволять собі повільний рух у напрямку розвитку проактивності та клієнтоорієнтованості своїх компаній, ризикують одержати стратегічний розрив між результатами своєї діяльності і позиціями своїх конкурентів.

Основними складовими системи управління взаємовідносинами з клієнтами вважаємо: управління знаннями про клієнта; маркетингову політику просування продукції; систему продажів; створення цінності для клієнта; цінову політику; інформаційне середовище взаємовідносин з клієнтами. Тому, на нашу думку, система управління взаємовідносинами з клієнтами — це комплекс взаємопов'язаних елементів (кількісних і якісних) діяльності підприємства в межах його клієнтоорієнтованої стратегії, інтегрованих в єдине інформаційне середовище, які слугують для автоматизації, оптимізації та підвищення ефективності бізнес-процесів взаємодії з клієнтами та спрямовані на формування клієнтського капіталу підприємства.

З огляду на вищезазначене, була визначена й узагальнена така проблемна симптоматика взаємодії підприємств харчової промисловості з клієнтами, що спричиняє падіння прибутковості:

- відсутність ефективної системи планування продажів та несформованість системи управління взаємовідносинами з клієнтами, що проявляється в недостатній аналітиці потреб кінцевого клієнта і призводить до неефективного управління життєвим циклом клієнта;

- використання застарілих та неорієнтованих на кінцевого клієнта методів продажів, прибутковість яких сумнівна, а вплив на репутацію компанії руйнівний; невідповідність цих методів місії та цінностям компанії;

- відсутність маркетингової стратегії в роздрібній мережі;

- неефективне використання можливостей продажів у мережі Інтернет;

- неефективна система управління змінами, наявність опору змінам з боку менеджменту; затягування процесів прийняття рішень.

Усе це призводить до повільного реагування та адаптації компаній на зміни зовнішнього середовища, до зниження кількості постійних клієнтів.

Основна мета формування системи управління взаємовідносинами з клієнтами має полягати в тому, щоб, ґрунтуючись на детальних знаннях про клієнтів, допомогти підприємствам краще їх розуміти, будувати відносини з ними, забезпечувати збереження клієнтів, а отже, прибутковість діяльності. Адже залучення нових клієнтів коштує підприємству значно дорожче, ніж утримання існуючих. Детальні знання про клієнтів дають змогу провести сегментацію залежно від їхніх потреб та майбутньої економічної цінності для підприємства.

Враховуючи вищенаведене, в концепції проактивної клієнтоорієнтованої стратегії підприємства можна виділити чотири групи цілей:

- встановлення взаємовигідних і ефективних відносин з усіма групами клієнтів;

- збільшення й утримання бізнес-партнерів (клієнтів) підприємства шляхом задоволення споживчих переваг на основі ціннісного підходу;

- формування позитивної репутації компанії як клієнтоорієнтованої складової її розвитку;

- зростання вартості компанії та збалансований її розвиток у довгостроковому періоді.

Висновки

На нашу думку, систему управління взаємовідносинами з клієнтами слід розглядати з позиції стратегічного проактивного клієнтоорієнтованого підходу. Це сприятиме гнучкому реагуванню на екзогенні та ендегенні фактори впливу на діяльність підприємств, дасть змогу перетворити стосунки з клієнтами в один з найважливіших активів компанії, сформувати клієнтський капітал підприємства та, врешті-решт, забезпечити поліваріантність ефективних управлінських рішень.

Література

1. Малік М. Й., Шпикуляк О. Г. Розвиток аграрного підприємництва в умовах інституційних трансформацій. *Економіка АПК*. 2017. № 2. С. 5—16.
2. Краснокутська Н. С. Особливості клієнтоорієнтованого управління на підприємствах. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Економічні науки*. 2014. Випуск 9. Частина 2. С. 33—36.
3. Верба В. А., Тищенко О. О. Клієнтський капітал як джерело вартості підприємства. *Проблеми економіки*. 2014. № 1. С. 186—192.
4. Ліщинська Л. Б. Основні аспекти автоматизації роботи з клієнтами засобами CRM-систем. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2015. № 5(1). С. 206—209.
5. Шарапа О. М. Управління відносинами з клієнтами через впровадження CRM-систем як складова ефективного ведення бізнесу. *Актуальні проблеми економіки*. 2009. № 7(97). С. 25—31.
6. Гембл П., Стоун М., Вудкок Н. Маркетинг взаимоотношений с потребителями. Москва: Издательство ФАИР-ПРЕСС, 2002. 512 с.
7. Долінська Р. Г. Оцінка ефективності управління взаємовідносинами промислового підприємства з економічними контрагентами. *Вісник НТУ «ХПИ»*. 2014. № 34. С. 109—117.

RISK-ORIENTED MANAGEMENT OF THE RADIATION SAFETY SYSTEM OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN ACCORDANCE WITH INTERNATIONAL STANDARDS

A. Sobolev

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

Key words:

*Radiation unconcern
Agricultural production
Standard of DSTU ISO
22000:2007
Risk-thinking Cs-137
Sr-90*

Article history:

Received 17.05.2019
Received in revised form
06.06.2019
Accepted 24.06.2019

Corresponding author:

A. Sobolev

E-mail:

smm9631@gmail.com

ABSTRACT

The increase of level of adaptation of domestic agricultural production and their competitiveness to the international requirements can take place due to the use of modern control system. DSTU ISO 22000:2007 does an accent on transition from preventive actions to the risk management of organization. Adjusting materials are worked out by specialists who remove certain operations at the production of agricultural goods in leasing's and collective economies in the zones of ecological trouble. Documenting and registration of radiological data are conducted.

Primary purpose of the paper is to lead existent radiation methods of providing safety of agricultural production to principles of the system HACCP. Experimental researches showed that principles of HACCP are already inculcated by specialists, at the production of agricultural goods in leasing and collective economies in the zones of ecological trouble. For this purpose an analysis is conducted, in relation to a management radiation risks during organization of agricultural activity in the zones of ecological trouble. Today after an accident on Chernobyl station, on radioactively muddy territories live more than 2.3 million persons. A territory that is attributed to the zones of contaminate, there are 12 areas (Vinnitsa, Violin, Zhitomir, Ivano-Frankovsk, Kyiv, Riven, Sumy, Khmel'nitsky, Cherkassy, Chernovtsy, Chernigov) in 74 districts. Cs-137 is stagger 8.4 million and earth. Concentration of Cs-137 in samples was determined on the spectrometer of gamut of Nokia LPA 4900, and Sr-90 — by a radio-chemistry method on the generally accepted methodology.

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ ПРОДУКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ВІДПОВІДНО ДО МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ

А. С. Соболев

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

В орендних та колективних господарствах, особливо в зонах екологічного лиха, НАССР не впроваджується. По-перше, це ставить під сумнів якість впровадження стандарту на підприємствах переробної та харчової галузей, тому що сертифіковане підприємство, згідно зі стандартом, повинно мати справу з сертифікованим постачальником, тобто з виробником сільськогосподарської продукції. А таких майже немає. По-друге, інтеграція України до ЄС може спричинити негативні соціально-економічні наслідки для орендних та колективних господарств, які не виробили власної стратегії конкурентоспроможності. Підвищення рівня адаптації вітчизняного сільськогосподарського виробництва та його конкурентоспроможності до європейських вимог може відбуватись за рахунок використання сучасних систем управління. ISO 22000 наголошує на переході від запобіжних дій до управління ризиками організації. Розроблені фахівцями настановні матеріали відбивають конкретні операції при виробництві сільськогосподарської продукції в орендних і колективних господарствах у зонах екологічного лиха. Ведеться документування і реєстрація радіологічних даних.

Основна мета статті — довести, що існуючі радіаційні методи забезпечення безпеки продукції сільськогосподарського виробництва відповідають принципам системи НАССР. Показати на експериментальних дослідженнях, що принципи НАССР вже впроваджені фахівцями при виробництві сільськогосподарської продукції в орендних і колективних господарствах в зонах екологічного лиха. Для цього проведено аналіз управління радіаційними ризиками при організації сільськогосподарської діяльності в зонах екологічного лиха. Сьогодні на радіоактивно забруднених територіях після аварії на Чорнобильській станції проживає більше 2,3 млн осіб. Території, що віднесені до зон радіоактивного забруднення, знаходяться у 74 районах 12 областей (Вінницька, Волинська, Житомирська, Івано-Франківська, Київська, Рівненська, Сумська, Хмельницька, Черкаська, Чернівецька, Чернігівська). Радіонуклідами уражено 8,4 млн га земель. Концентрацію Cs-137 в пробах визначали на гама-спектрометрі Nokia LPA 4900, а Sr-90 з радіохімічним методом за загальноприйнятою методикою.

Ключові слова: *радіаційної безпечність, сільськогосподарське виробництво, стандарт ДСТУ ISO 22000:2007, ризик-орієнтоване мислення, Cs-137, Sr-90.*

Постановка проблеми. *Євроінтеграційний курс вимагає від України освоєння міжнародних норм і правил ведення господарської діяльності.*

Згідно з даними інформаційних агентств понад 80% операторів переробної галузі вже запровадили у себе цю систему. До цього спонукає конкуренція і вимоги партнерів — експортерів їхньої продукції [1]. Але в орендних і колективних господарствах, особливо в зонах екологічного лиха, НАССР не впроваджується. По-перше, це ставить під сумнів якість впровадження стандарту на підприємствах переробної та харчової галузей, тому що сертифіковане підприємство, згідно зі стандартом, повинно мати справу з сертифікованим постачальником, тобто з виробником сільськогосподарської продукції, а таких майже немає. По-друге, інтеграція до ЄС України може спричинити негативні соціально-економічні наслідки для орендних і колективних господарств, які не виробили власної стратегії конкурентоспроможності. Підвищення рівня адаптації вітчизняного сільськогосподарського виробництва та їх конкурентоспроможності до європейських вимог може відбуватись за рахунок використання сучасних систем управління. ДСТУ ISO 22000:2007 робить акцент на перехід від запобіжних дій до управління ризиками організації [2]. Ризик — це вплив невизначеності. Під невизначеністю слід розуміти стан, навіть частковий, нестачі інформації про потенційну подію, її наслідки та ймовірності того, що вона відбудеться. Ризик-орієнтоване мислення — це реалізація організацією комплексу узгоджених заходів і методів для управління і контролю численними ризиками. Ризик-орієнтоване мислення є суттєво важливим для досягнення результативної системи управління якістю та безпекою харчових продуктів. Комплексна система ризик-менеджменту — це аналіз зовнішнього і внутрішнього середовища організації. На основі аналізу необхідно розробити політику ризик-менеджменту. Для ризик-менеджменту необхідні ресурси, перш за все, це навчені люди, забезпечені інформаційними та нормативними матеріалами, а також наділені відповідальністю і повноваженнями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розроблені експертами настановні матеріали відбивають конкретні операції при виробництві сільськогосподарської продукції в орендних і колективних господарствах в зонах екологічного лиха. Ведеться документування і реєстрація радіологічних даних. Сьогодні на радіоактивно забруднених територіях, після аварії на Чорнобильській станції, проживає понад 2,3 млн осіб. Території, що віднесені до зон радіоактивного забруднення, знаходяться у 74 районах 12 областей (Вінницька, Волинська, Житомирська, Івано-Франківська, Київська, Рівненська, Сумська, Хмельницька, Черкаська, Чернівецька, Чернігівська). Радіонуклідами уражено 8,4 млн га земель, у тому числі 3,5 млн га орних земель, близько 400 тис. га природних кормових угідь та понад 3 млн га лісів [4].

Мета статті: довести, що існуючі радіаційні методи забезпечення безпеки продукції сільськогосподарського виробництва відповідають принципам системи НАССР. Показати на експериментальних дослідженнях, що принципи НАССР впроваджені фахівцями при виробництві сільськогосподарської продукції в орендних і колективних господарствах в зонах екологічного лиха. Для цього ретельно проаналізувати управління радіаційними ризиками при організації сільськогосподарської діяльності в зонах екологічного лиха.

Методологія досліджень. Концентрацію Cs-137 в пробах визначали на гама-спектрометрі Nokia LPA 4900, а Sr-90 — радіохімічним методом за загальноприйнятою методикою [5].

Викладення основних результатів дослідження. Система НАССР складається із семи принципів, що описують, як розробляти, впроваджувати та виконувати план НАССР щодо конкретного виду діяльності. Основна мета цих принципів — допомогти організаціям зосередитись на тих етапах, операціях технологічного процесу та умовах виробництва, які є критичними для безпеки харчових продуктів [3]. Сутність системи управління безпекою харчових продуктів НАССР полягає у виявленні та контролі біологічних, хімічних, фізичних та інших чинників, матеріалів або продуктів, що негативно впливають або за певних умов можуть негативно впливати на здоров'я людини в критичних точках технологічного процесу виробництва харчових продуктів. Система НАССР забезпечує більш структурований та науковий підхід до контролю ідентифікованих небезпечних чинників, ніж підхід через традиційні процедури контролю якості кінцевого продукту. У разі використання системи НАССР контроль переходить від випробування одиничного кінцевого продукту до сфери прогнозування можливості виробництва сільськогосподарської продукції на забрудненій радіонуклідами території.

Основні висновки щодо відповідності існуючих радіаційних методів забезпечення безпеки продукції сільськогосподарського виробництва принципам системи НАССР.

Принцип 1. Проведення аналізу небезпечних чинників — Cs-137 та Sr-90.

Принцип 2. Визначення критичних контрольних точок (ККТ). Вміст радіонуклідів у харчових продуктах та сировині визначається інтенсивністю включення радіонуклідів у харчовий ланцюг: ґрунт–рослина–тварина–продукти переробки рослинництва, тваринництва–раціон харчування людини. Тобто кожен ланку харчового ланцюга необхідно розглядати як ККТ у виробництві сировини та харчових продуктів. При виробництві продуктів рослинництва ККТ буде ґрунт. При виробництві молока та м'яса ККТ є раціон тварин. Вміст радіонуклідів у продуктах харчування повинен відповідати нормативам ДР-2006 [5].

Принцип 3. Встановлення критичних значень. Критичні межі свідчать про виготовлення безпечного продукту на цьому етапі виробництва. Накопичення радіонуклідів у продукції залежить від багатьох факторів, серед яких головними є рівень забруднення ґрунту і його радіологічні властивості — агрохімічні та водно-фізичні характеристики. На практиці зручно користуватися значеннями допустимих рівнів забруднення ґрунтів (ДРЗГ) [4], при дотриманні яких забезпечується виконання вимог ДР-2006 [5]. Орієнтовні значення ДРЗГ для найпоширеніших в Українському Поліссі ґрунтів при виробництві основних дозоутворюючих продуктів наведено в табл. 1. Технологія вирощування овочевих культур на забрудненій території загальноприйнята, однак розміщення овочевих культур потребує диференційованого підходу (табл. 2).

Принцип 4. Встановлення системи моніторингу для кожної критичної точки контролю. Для продовольчих культур критичною точкою контролю буде ґрунт, тому необхідно проводити моніторинг вмісту радіонуклідів у

грунті. Накопичення радіонуклідів у продукції залежить від багатьох факторів, серед яких головними є рівень забруднення ґрунту і його радіологічні властивості — агрохімічні та водно-фізичні характеристики. Вплив цих факторів на інтенсивність міграції радіонуклідів у харчових ланцюгах кількісно оцінюють за допомогою коефіцієнтів пропорційності накопичення радіонуклідів з ґрунту в рослини КП (Бк/кг:кБк/м). Маючи значення цих параметрів для кожного виду ґрунтів і культур, можна розрахувати очікувану концентрацію Cs-137 у продукті (Бк/кг) при вирощуванні на ґрунті з щільністю забруднення А (кБк/м) : $C = A \times КП$. Рівні забруднення урожаю сільськогосподарських культур залежать також від біологічних особливостей рослин. Так, зернові і зернобобові культури за накопиченням радіоцезію в урожаї зерна на одному й тому ж ґрунті можна розмістити в такий ряд: кукурудза < просо < ячмінь < пшениця яра < жито < овес < горох < квасоля < боби < соя < гречка. Відмінності між накопиченням Cs-137 в зерні кукурудзи і гречки становлять 18 разів.

Таблиця 1. Максимально допустимі рівні щільності забруднення (ДРЗГ) найбільш поширених ґрунтів Полісся при виробництві продуктів харчування

Тип ґрунту	ДРЗГ Cs-137, кБк/м ²
	ДР-2006
Молоко (сіно сіяних трав)	
Торфові	140,6
Дерново-підзолисті супіщані	173,9
Сірі лісові	358,9
М'ясо (сіно сіяних трав)	
Торфові	284,9
Дерново-підзолисті супіщані	344,1
Сірі лісові	740
Хліб (зерно)	
Торфові	Практично не вирощується
Дерново-підзолисті супіщані	370

При виробництві продукції тваринництва раціон тварин є критичною точкою контролю. Для забезпечення безпечності молока та м'яса необхідно проводити моніторинг вмісту радіонуклідів у раціоні. Перехід радіонуклідів з кормів у продукцію тваринництва залежить від рівня і повноцінності годівлі тварин, їх віку, фізіологічного стану, продуктивності та інших факторів. Для прогнозування вмісту радіонуклідів у продукті тваринництва використовують коефіцієнт концентрації (КК). КК являє собою концентрацію в органі в процентах від надходження радіонукліду з добовим раціоном [3].

У високопродуктивних тварин коефіцієнт переходу Cs-137 з кормів в організм, як правило, нижчий, ніж у низькопродуктивних. Істотний вплив на величину коефіцієнта переходу чинить збалансування раціонів годівлі тварин за основними і, особливо, мінеральними елементами. Cs-137 інтенсивніше переходить із кормів в молоко і м'ясо порівняно зі стронцієм-90 [4]. При контролі вмісту радіонуклідів у раціоні ВРХ враховується наявність їх в окремих кормах, що входять до складу раціону, і коефіцієнт концентрації

(КК) з раціону в продукцію. Прогноз вмісту радіонуклідів у продуктах тваринництва (А прод) розраховують за формулою: $A \text{ прод} = A \text{ рац} \cdot \text{КК}/100$, де: А рац — активність радіонуклідів добового раціону, БК; КК — коефіцієнт концентрації.

Таблиця 2. Максимально допустимі рівні забруднення ґрунтів Cs-137 при вирощуванні овочевих культур, кБк/м²

Групи культур	Культури	КП, (Бк/кг)/кБк/м ²)	Максимально допустиме забруднення, кБк/м ²
1	Перець солодкий, гіркий; помідори, морква, цибуля, гарбуз мигдальний, кабачки, огірки, часник	0,01—0,05	555
2	Картопля, капуста червоноголова, помідори, перець гіркий, редис, патисон	0,05—0,1	555
3	Квасоля, капуста білоголова, редька біла, зелені листові	0,1—0,15	370
4	Капуста цвітна, редька зимова	0,15—0,2	185
5	Буряки столові, редька чорна	0,2—0,3	148

Принцип 5. Сільськогосподарська продукція відіграє головну роль у формуванні радіаційної небезпеки, тому до її якості висувають досить жорсткі вимоги. Зменшення рівня забруднення харчових продуктів є реальним і головним шляхом запобігання опроміненню людей понад встановлені нормативи. Коригувальні дії повинні бути спрямовані на усунення причини чи зниження ймовірності появи небезпечного фактора у сировині, тобто зосереджені на етапах «ґрунт–рослина–тварина–продукти переробки рослинництва, тваринництва» [6].

Таблиця 3. Перехід радіонуклідів із добового раціону в продукцію тваринництва (% від вмісту в раціоні на 1 кг продукту)

Вид продукції	Коефіцієнт концентрації	
	Cs-137	Sr-90
Молоко коров'яче	0,9	0,14
Яловичина	4	0,04
Свинина	15	0,10
Баранина	15	0,10
М'ясо куряче	450	0,20
Яйця	3,5	3,20

Для зниження концентрації Cs-137у молоці, м'ясі, рибі та інших продуктах харчування необхідно піддавати їх технологічній і кулінарній обробці. Вплив деяких видів кулінарної обробки на вміст радіонуклідів в овочевій продукції наведений у табл. 4. Переробку рослинної сировини починають з її механічної очистки від частинок ґрунту і пилу. Потім сировину промивають проточною водою, якщо її немає, то у 3—5 змінах води. У таких овочів, як капуста, цибуля, часник перед промиванням видаляють верхні, найбільш забруднені, листки. Промивання рослинної продукції проточною водою,

видалення шкірки, бланшування можуть знизити вміст радіонуклідів у продукції вдвічі. Надходження Cs-137 із солоними овочами і грибами зменшується в 1,5—2 рази порівняно з вихідною сировиною за умови, що розсіл не споживається в харчуванні. Найбільш ефективним засобом кулінарної переробки рослинної сировини є варіння, яке дає змогу знизити вміст Cs-137 у 2—10 разів. Миття та подальше тушкування квасолі зменшують вміст Sr-90 практично вдвічі. При різному сполученні операцій, що передують консервуванню та закладанню на довгострокове зберігання продуктів харчування, видалається 60—95% радіоактивності, що містилася в сировині. Слід відзначити, що підкислення страв лимонною кислотою сприяє цьому процесу. При переробці сметани та вершків на вершкове масло основна частина радіоактивних речовин переходить в сколотини і промивну воду. Перетоплення вершкового масла на топлене супроводжується практично повним видаленням радіоактивних речовин (табл. 5) [4]. У табл. 6 наведені дані про зменшення вмісту Cs-137 у процесі кулінарного приготування продуктів лісу. У грибах, зібраних у лісах радіоактивно забруднених областей, вміст Cs-137 перевищує встановлений допустимими рівнями (ДР-2006) норматив — 500 Бк/кг — у кілька разів: наприклад, вміст Cs-137 в сирійжках, маслоках, підосичниках, білих грибах, зібраних в Іванківському районі Київської області, становив 18000-27000 Бк/кг. Спостерігаються міжвидові відмінності у рівні накопичення Cs-137. Рівні накопичення радіонуклідів окремими видами грибів відрізняються в 2—3 рази. Найменшим накопиченням радіонуклідів характеризуються шампінйони польові, опеньки, лисички, найбільшим — польські гриби, піддубники, сирійжки. Вміст Cs-137 у шампінйонах польових може коливатися в межах 24—40 Бк/кг, тому їх можна вживати без обмежень. Допустимий рівень вмісту цезію-137 у лісових ягодах становить 500 Бк/кг. Найменшим накопиченням Cs-137 характеризується суниця, найбільшим — журавлина. Чорниця та брусниця займають проміжне місце. Вміст радіонуклідів знижується від 1,5 до 6 разів при вимочуванні сушених та свіжих грибів і ягід у воді протягом 20—24 годин.

Таблиця 4. Зменшення вмісту Cs-137 у процесі переробки картоплі і овочів

Продукт	Питома активність радіонукліду (% від вихідної)
Картопля: сира немита неочищена	100
- сира мита неочищена	83
- сира мита після очистки	66
- варена із шкіркою	62
- варена після очистки	49
Капуста: свіжа немита	100
- квашена	61
- маринована	58

Принцип 6. Для визначення того, наскільки *правильно* функціонує система НАССР, можна застосовувати методи перевірки та аудиту, відповідні методи дики і випробування, у тому числі випадкове відбирання проб та аналіз. Згідно з розробленими експертами настановними матеріалами, рекоменда-

ціями проводиться аналіз даних, що реєструються в журналах орендних і колективних господарств. Аналізуються випадки щодо утилізації продукції.

Принцип 7. У застосуванні системи НАССР велике значення має ефективна і точна реєстрація даних. Процедури НАССР повинні бути документально оформлені. Документування і реєстрація даних повинні відповідати характеру й обсягу технологічної операції та бути достатніми, щоб допомогти підприємству підтвердити наявність та актуалізацію контрольних заходів системи НАССР. Розроблені експертами настановні матеріали відбивають конкретні операції при виробництві сільськогосподарської продукції в орендних і колективних господарствах в зонах екологічного лиха. Ведеться документування і реєстрація радіологічних даних.

Таблиця 5. Зниження питомої активності Cs-137 в продуктах порівняно з вихідним молоком

Продукт	Кратність зниження
Молоко знежирене	1,0—1,1
Всі види твердих сирів	
Сир кисломолочний	2,5
Сири: бринза, сулуґуні	1,5—1,8
Масло: селянське, любительське	7,0—8,0
Масло вершкове	5,0—8,0

Таблиця 6. Зменшення вмісту Cs-137 у процесі кулінарного приготування продукції лісу

Вид обробки	Питома активність радіонукліду (% від вихідної)
Гриби свіжі	100
- після кип'ятіння протягом 30 хв	25
- після кип'ятіння протягом 60 хв	17
- солоні	12
Гриби сухі	100
- після вимочування	12
- після кип'ятіння	10
Чорниця свіжа	100
- після промивання	77
- компот (без ягід)	50

Висновки

Аналіз сільськогосподарського виробництва на території, забрудненій радіонуклідами, показує, що забезпечити радіаційну безпеку продукції можливо методами, які застосовуються у сільському господарстві. Це підтверджує можливість впровадження принципів НАССР на відповідних етапах процесу виробництва продукції. Тобто де факто принципи НАССР впроваджені фахівцями при виробництві сільськогосподарської продукції в орендних і колективних господарствах в зонах екологічного лиха. Це дає підставу для проведення сертифікації системи НАССР в орендних і колективних господарствах у зонах екологічного лиха, що безумовно підвищить рівень

адаптації вітчизняного сільськогосподарського виробника та його конкурентоспроможності до європейських вимог.

Література

1. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи у віддалений період до 2020 року. Київ: 2017. 176 с.
2. ISO 22000-2018 Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain. Publication date: 2018-06 Corrected version: 2018-11, p. 37.
3. Посібник для малих та середніх підприємств плодоовочевої галузі з підготовки та впровадження системи управління безпекою харчових продуктів на основі концепції НАССР. Київ, Міжнародний інститут безпеки та якості харчових продуктів (IFSQ), 2010. 183 с.
4. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи, у віддалений період: Методичні рекомендації. За заг. редакцією акад. УААН Б.С. Прістера. Київ, Атіка-Н, 2007. 196 с.
5. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезій-137 і стронцій-90 у продуктах харчування та питній воді (ДР-2006). Державні гігієнічні нормативи. Київ, 2006. 13 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06>
6. Sobolev A., Howard B. The use of Prussian Blue to reduce radiocaesium contamination of milk and meat produced on territories affected by the Chernobyl accident. International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC-1017. Vienna, Austria, 2010. 80 p.

HYDROSTATIC DEPRESSIONS IN EVAPORATORS OF SUGAR PRODUCTION

K. Shtanheiev

Institute of Post-Diploma Training National University of Food Technologies

Key words:

*Sugar industry
Evaporation apparatus
Hydrostatic depression
Heat transfer intensity*

Article history:

Received 10.05.2019
Received in revised form
30.05.2019
Accepted 19.06.2019

Corresponding author:

K. Shtanheiev
E-mail:
shko50@i.ua

ABSTRACT

Evaporation stations of sugar factories are equipped mainly with evaporators with multiple natural circulation of the solution. Nowadays implementation of film evaporators has been initiated at sugar factories. These devices have their own thermal and technological advantages and disadvantages. Therefore, there is need to determine the rational conditions for the use of these types of evaporators.

Maintaining the optimum level of the solution in the evaporators is essential for normal operation of the evaporator with natural circulation. Presence of a certain level in evaporator body leads to a hydrostatic depression - an increase in the boiling point in the lower part of the heat exchange tubes. This leads to change in heat transfer regimes and to decrease in the useful temperature difference at level of the lower tube plate due to hydrostatic depression, which is comparable to the overall temperature pressure.

It is necessary to determine the effect of hydrostatic depression on the intensity of heat transfer (thermal performance) in evaporators with natural circulation and establish rational conditions for their use. The studies were conducted using a numerical experiment with a mathematical model of heat transfer in a vertical heat exchange tube of an evaporator where sugar solution is concentrated. The magnitude of the negative effect of hydrostatic depressions was estimated for various bodies of evaporation station of a sugar factory. It was shown that the most negative impact on the decrease in the overall intensity of heat transfer is exceeding the juice level in the evaporators over the optimum level. Other parameters have less influence, e.g. juice underheating.

Evaporators with natural circulation of the solution are most suitable for equipping the first bodies of the evaporating station or for evaporators operating in the mode of preliminary evaporation. For the latter bodies of the evaporation station, where highly concentrated solutions are concentrated and the negative effect of the hydrostatic depression is significant, it is recommended implementation of evaporators with gravitationally flowing solution film.

ГІДРОСТАТИЧНІ ДЕПРЕСІЇ У ВИПАРНИХ АПАРАТАХ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

К. О. Штангесв

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

Випарні установки цукрових заводів оснащені, переважно, випарними апаратами з багатократною природною циркуляцією розчину. Останнім часом на цукрових заводах в основному почали впроваджувати плівкові випарні апарати. Ці апарати мають свої теплотехнічні й технологічні переваги і недоліки, тому виникає потреба визначити раціональні умови застосування цих видів випарних апаратів.

Підтримання оптимального рівня розчину у випарному апараті є обов'язковим для нормальної роботи з природною циркуляцією. Наявність певного рівня у випарному апараті призводить до виникнення гідростатичної депресії — підвищення температури кипіння в нижній частині теплообмінних труб. Це призводить до зміни режимів теплообміну та зменшення корисної різниці температур на рівні нижньої трубної решітки через гідростатичну депресію, співставної із загальним температурним напором.

У статті визначено вплив гідростатичної депресії на інтенсивність теплообміну (теплову продуктивність) у випарних апаратах з природною циркуляцією та раціональні умови їх застосування. Дослідження проводилися за допомогою чисельного експерименту на математичній моделі теплообміну у вертикальній теплообмінній трубі випарного апарата, що згущує цукровий розчин. Оцінено величину негативного впливу гідростатичних депресій для різних корпусів випарних установок цукрового заводу. Показано, що найбільш негативний вплив на величину зменшення загальної інтенсивності теплообміну має перевищення рівня соку у випарному апараті понад величину оптимального рівня. Інші параметри, такі як недогрів соку, впливають значно менше.

Випарні апарати з природною циркуляцією розчину найбільш доцільні для оснащення перших корпусів випарної установки або випарних апаратів, які працюють у режимі попереднього випаровування. Для останніх корпусів випарної установки, де згущуються висококонцентровані розчини і негативний вплив гідростатичної депресії значний, рекомендується застосування випарних апаратів із гравітаційно стікаючою плівкою розчину.

Ключові слова: *цукрова промисловість, випарні апарати, гідростатична депресія, інтенсивність теплообміну.*

Постановка проблеми. Випарні установки цукрових заводів оснащені, переважно, випарними апаратами з багатократною природною циркуляцією розчину [1]. Ці апарати, так звані випарні апарати типу Роберта, почали впроваджуватися з другої половини XIX сторіччя. За тривалий час експлуатації в галузі вони довели свою надійність та ефективність.

Але з 70-х років минулого сторіччя на цукрових заводах в основному почали впроваджувати плівкові випарні апарати. Це випарні апарати з гравітаційно стікаючою плівкою розчину, що згущується. Ці апарати мають свої теплотехнічні й технологічні переваги. Крім того, завдяки в 2—4 рази більшій довжині теплообмінних труб плівкових випарних апаратів з'являється можливість створювати випарні апарати з більшою площею поверхні теплообміну, що має сенс для заводів великої продуктивності.

Але для роботи плівкових випарних апаратів необхідно встановлювати циркуляційні насоси з високою продуктивністю та надійністю. Причому це вартісні насоси, оскільки вони працюють у складних умовах (високі температури, рідина нагріта до температури кипіння). Через це випарні апарати із природною циркуляцією продовжують широко використовуватися в цукровій промисловості. Важливо визначити для них умови найбільш доцільного застосування.

Кипіння рідини у вертикальних трубах є складним тепловим і гідродинамічним процесом (рис. 1). Процес теплообміну в трубах випарного апарата починається із конвективного нагріву однофазної рідини. Недогрів до температури кипіння виникає через збільшення гідростатичного тиску у підтрубному просторі випарного апарата. Рідина, піднімаючись у теплообмінній трубі, нагрівається і при цьому одночасно зменшується статичний тиск. З певної висоти труби починається бульбашкове кипіння недогрітої рідини на поверхні теплообміну (так звана точка закипання), яке поступово переходить у розвинене бульбашкове кипіння. Режим течії переходить з однофазного в двофазний так званий емульсійний — суміш рідини та парових бульбашок. Причому потік поступово прискорюється через зростання об'ємного вмісту пари. Інтенсивність теплообміну при бульбашковому кипінні значно вища, ніж при однофазній течії.

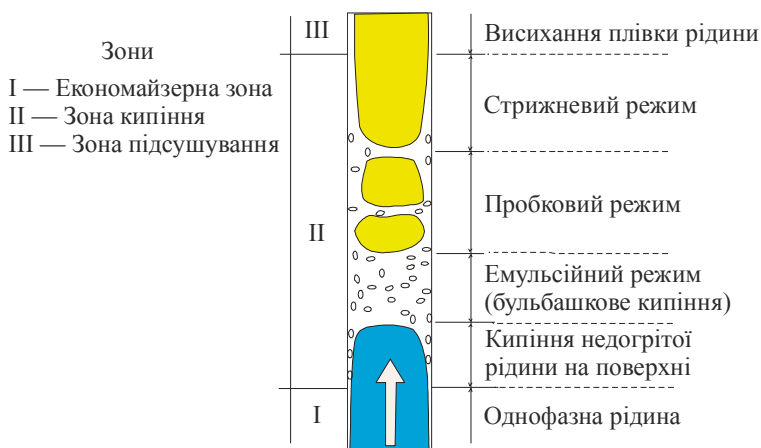


Рис. 1. Принципова схема режимів течії і теплообміну при кипінні рідини у вертикальній трубі

Після цього бульбашки пари об'єднуються між собою і займають майже весь перетин теплообмінної труби. Виникає так званий пробковий або сна-

рядний режим течії. Він характеризується значними пульсаціями швидкості й тиску. Процес теплопередачі підпорядкований закономірностям теплообміну при бульбашковому кипінні. У подальшому, при достатній висоті теплообмінної труби та інтенсивності теплообміну, окремі парові порожнини об'єднуються. Пара рухається по центральній частині труби, а рідина — по верхній труби.

Утворення циркуляційного контуру у випарному апараті відбувається за рахунок того, що в циркуляційній трубі підтримується певний рівень рідини h . Густина розчину рідини в циркуляційній трубі відповідає густині при температурі кипіння і при згущенні цукрових розчинів становить 1000...1330 кг/м³. У теплообмінних трубах рідина кипить, а оскільки густина водяної пари для умов роботи випарних установок цукрових заводів становить 0,35—1,15 кг/м³, густина парорідинної суміші в теплообмінних трубах випарного апарата буде в межах 200...700 кг/м³, тобто в 2...5 разів менша. Відповідно, і рівень парорідинної суміші має настільки ж перевищувати рівень у циркуляційній трубі.

Якщо ж висота теплообмінної труби менша за цей рівень, то парорідинна суміш буде виходити в надтрубний простір. Тут відбувається розділення пари і рідини. Пара видаляється із випарного апарата, а рідина стікає по верхній трубній решітці в циркуляційну трубу, потрапляє в підтрубний простір, де змішується із свіжими порціями рідини і знову входить в теплообмінні труби випарного апарата. Таким чином утворюється циркуляційний контур.

Підвищення рівня розчину у циркуляційній трубі призводить до збільшення рушійної сили циркуляції і швидкість циркуляції зростає. Але при цьому зростає і висота економайзерної зони та середня величина коефіцієнта теплопередачі у випарному апараті зменшується. Водночас при надто малому рівні розчину в циркуляційній трубі рівень парорідинної суміші в теплообмінній трубі буде менший за її висоту, циркуляція рідини припиниться, а верхня частина труби буде оголена і виключена з процесу теплообміну. Отже, підтримання оптимального рівня розчину є обов'язковою умовою нормальної роботи випарного апарата.

При підтриманні у випарному апараті так званого «оптимального рівня» стрижневий режим в умовах випарних апаратів цукрового виробництва не реалізується. Для визначення орієнтовних величин оптимального рівня наведені рекомендації в інструкції щодо ведення теплотехнічного режиму або пропонується, щоб оптимальне відношення $h_{\text{вр}}/h_{\text{тр}}$ чисельно дорівнювало СР киплячого розчину [2].

Визначення коефіцієнтів тепловіддачі при кипінні розчину в теплообмінних трубках випарних апаратів здійснюється за формулою Кічигіна-Тобілевича (1), яка також описує результати досліджень тепловіддачі при кипінні за умови додержання оптимального рівня розчину [3]:

$$\text{Nu} = 3,25 \cdot 10^{-4} \text{Pe}_u^{0,6} \cdot \text{K}_p^{0,7} \cdot \text{Ga}^{0,125} \quad (1)$$

Експериментальні дослідження, за результатами яких знайдено цю залежність, проводилися на установці, що мала циркуляційний контур з трубками діаметром 30 мм і висотою 1,2...4 м. Вони охоплюють діапазон питомих

теплових потоків від 3 000 до 100 000 ккал/(м²·год) при кипінні води і цукрових розчинів концентрацією до 70% СР.

У розмірній формі залежність (1) може бути записана так:

$$Nu = 3,25 \cdot 10^{-4} \left(\frac{q \cdot \delta \cdot c \cdot \rho}{r \cdot \lambda \cdot \rho_n} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{P \cdot \delta}{\sigma} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{g \cdot \delta^2}{v^2} \right)^{0,125}, \quad (2)$$

де P — абсолютний тиск над киплячою рідиною, ата; ρ та ρ_n — питома маса розчину та пари, кг/м³; $\delta = \sqrt{\frac{\sigma}{\gamma - \gamma_n}}$ — визначальний розмір, пропорційний

відривному діаметру парової бульбашки, м.

Наявність певного рівня рідини у випарному апараті призводить до виникнення гідростатичної депресії — підвищення температури кипіння в нижній частині теплообмінних труб. Величина цього рівня може у виробничих умовах складати від 1 до 3 м, відповідно, тиск під нижньою трубною решіткою зростає на 10—40 кПа (0,1—0,4 кгс/см²). При цьому зростає температура кипіння рідини, відбувається перегрівання соку і зменшення в нижній частині теплообмінних труб корисного перепаду температур. Хоча це стосується лише частини висоти теплообмінної труби і має різні значення для корпусів випарної установки, але помітно впливає на продуктивність випарних апаратів. У той же час вивчення цієї проблеми досить складне і в джерелах наводяться лише величини гідростатичної депресії на рівні нижньої трубної решітки.

Ілюстрацією величин гідростатичної депресії можуть бути результати випробувань випарної установки фірмою ВМА на одному з цукрових заводів ФРН, оснащених випарними апаратами з природною циркуляцією [1].

Таблиця. Результати випробувань випарної установки (фірма ВМА)

Номер корпусу ВУ		1	2	3	4	5
Температура кипіння	°С	126,45	120,20	113,12	105,13	94,86
Корисна різниця температур	°С	5,08	5,29	5,83	6,16	7,28
Висота теплообмінних труб	м	4,2	3,2	3,2	3,0	2,7
Підвищення тиску в підтрубному просторі	бар	0,180	0,160	0,188	0,216	0,226
Гідростатична температурна депресія	°С	2,40	2,51	3,55	5,13	7,50
Температура насичення в підтрубному просторі	°С	128,85	122,71	116,67	110,26	102,36
Різниця температур на вході в теплообмінні труби	°С	2,68	2,78	2,28	1,03	-0,22

Як видно з наведених даних, зменшення корисної різниці температур на рівні нижньої трубної решітки через гідростатичну депресію співставне із загальним температурним напором, а для останнього корпусу навіть перевищує його.

Мета дослідження: визначити вплив гідростатичної депресії на інтенсивність теплообміну (теплову продуктивність) у випарних апаратах з природною циркуляцією та встановити раціональні умови їх застосування.

Матеріали і методи. Дослідження проводилися за допомогою чисельного експерименту на математичній моделі теплообміну у вертикальній теплообмінній трубі випарного апарата, що згущує цукровий розчин. Розрахунки виконувалися за допомогою інтервально-ітераційного методу. Розрахункова частина теплообмінної труби поділялася на інтервали, для яких можливо прийняти сталими інтенсивність та умови теплообміну.

Теплообмін на входній ділянці розраховували за формулою, наведеною в [4]:

$$\text{Nu}_x = 1,03 \cdot \left(\frac{1}{\text{Pe}} \cdot \frac{x}{d} \right)^{-1/3} \quad (3)$$

Теплообмін при бульбашковому кипінні розраховували за формулою (1). Критерієм переходу від однофазного теплообміну до бульбашкового кипіння була умова $q_{\text{кип}} > q_{\text{конв}}$.

Теплофізичні властивості розчинів (в'язкість, теплопровідність, густина, фізико-хімічна депресія тощо) розраховували за залежностями, наведеними в [5].

Температура кипіння води або конденсації водяної пари однозначно залежить від тиску. Термодинамічно обґрунтованою є лінійна залежність логарифму тиску насиченої пари від оберненої величини її абсолютної температури.

Для діапазону, що відповідає умовам роботи цукрових заводів, більш точною є залежність, яка в діапазоні температур 45...145°C дає середню відносну похибку не більше 0,07%:

$$\ln p = 23,1964 - \frac{3816,44}{t + 227,02}, \quad (4)$$

де p — тиск, Па.

Із формули (4) можливо вивести залежність температури насиченої водяної пари від її тиску:

$$t = \frac{3816,44}{11,703 - \ln(p)} - 227,04, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (5)$$

Теплофізичні властивості води. При визначенні густини води в діапазоні температур 0...150°C із середньою відносною похибкою до 0,03% можна використовувати залежність, яка враховує аномалію густини води в діапазоні температур 0...4°C:

$$\rho = 1000 - 246 \cdot \left[\left(1 - \frac{T}{277,15} \right)^2 \right]^{0,84}. \quad (6)$$

Теплоємність води визначається за формулою:

$$c_p = 1,007 - 0,341 \cdot 10^{-3} \cdot t + 0,339 \cdot 10^{-5} \cdot t^2. \quad (7)$$

Теплопровідність води — за формулою:

$$\lambda = 0,00346 \cdot \rho^{2/3} \cdot \sqrt{5,8 - \frac{1034}{T}}. \quad (8)$$

Відносна похибка розрахунку за цією формулою в діапазоні температур 0...140°C не перевищує 1%, а середня — до 0,2%.

В'язкість води визначається за формулою (9):

$$\mu \cdot 10^7 = \exp\left(\frac{T}{0,190443 \cdot T - 24,0309}\right). \quad (9)$$

У діапазоні температур 0...135°C відносна похибка розрахунку за цією формулою не перевищує 1,3%.

Поверхневий натяг води визначається за формулою (10), Н/м:

$$\sigma \cdot 10^3 = 75,52 + \frac{t}{0,008656 \cdot t - 6,9247}. \quad (10)$$

У діапазоні температур 0...150°C середня відносна похибка розрахунку за цією формулою не перевищує 0,25%.

Теплофізичні властивості цукрових розчинів. Густина водних розчинів цукрози обрховується за формулою:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - 0,0038513 \cdot CP}. \quad (11)$$

На основі формули В. В. Яновського і П. А. Архангельського дійсна ізобарна питома масова теплоємність розчину може бути розрахована таким чином:

$$c = 4218 + 2,8 \operatorname{tg}|0,01 t| - CP (29,73 - 0,07536 t - 0,0461C), \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}). \quad (12)$$

Для діапазону змін параметрів $t = t_{kp} \dots 130^\circ\text{C}$, $CP = 0 \dots 90\%$ і $C > 55\%$ відносна похибка до 3%.

Динамічна в'язкість цукрових розчинів. Для розчинів концентрацією від 0 до 35—48% CP дорівнює:

$$\mu \cdot 10^3 = 10^{\left[-1,52 + \frac{0,065 + C}{19,147 \cdot T} \left(140845 - \frac{4,4429 \cdot 10^7 \cdot t}{T^2}\right)\right]}. \quad (13)$$

Для розчинів концентрацією від 0 до 35—48% CP до стану насичення:

$$\mu \cdot 10^3 = 10^{\left[-0,7 + \frac{0,025 + C}{19,147 \cdot T} \left(166050 - \frac{1,07044 \cdot 10^8 \cdot t}{T^2}\right)\right]}. \quad (14)$$

Теплопровідність цукрових розчинів:

$$\lambda = \frac{486 + t \cdot (1,55 - 0,005 \cdot t)}{1 + 0,0054 \cdot CP} \cdot 0,001163, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}). \quad (15)$$

Коефіцієнт поверхневого натягу цукрових розчинів:

$$\sigma_c = \sigma_b + \frac{1,67 \cdot CP}{10^4}, \quad (16)$$

де σ_c , σ_b — коефіцієнти поверхневого натягу соку і води відповідно.

Фізико-хімічна депресія цукрових розчинів розраховується за законом Рауля з використанням коефіцієнта активності води у цукровому розчині. В загальному випадку він має вигляд :

$$\Delta_{\text{фх}} = t(P_{i,0}) - t(p_i), \quad (17)$$

$$p_i = P_{i,0} \cdot \gamma_i \cdot x_i, \quad (18)$$

де p_i — парціальний тиск i -го компонент над киплячим розчином, тобто водяної пари над цукровим розчином; $P_{i,0}$ — тиск водяної пари при кипінні чистої рідини (води) при температурі, що дорівнює температурі кипіння розчину; γ_i — коефіцієнт активності води в цукровому розчині; x_i — мольна концентрація компонента (води) в розчині.

Тиск насиченої водяної пари розраховується за формулою (4).

Коефіцієнт активності води (позначається індексом 1) в цукровому розчині визначається за залежністю:

$$\gamma_1 = \exp[-3.12 \cdot (1 - x_1)^{1,738}]. \quad (19)$$

Перерахунок із масової в молярну концентрацію виконується за такими формулами:

- для розчину чистої цукрози:

$$x_1 = \frac{342 \cdot (100 - CP)}{34200 - 324 \cdot CP}; \quad (20)$$

- для розчинів з чистотою Ч < 100%:

$$x_1 = \frac{34200 \cdot (100 - CP)}{18 \cdot CP \cdot \left[1 + \frac{342 \cdot (100 - Ч)}{M_{\text{нц}} \cdot Ч} + \frac{34200}{18} \cdot \frac{100 - CP}{Ч \cdot CP} \right]}; \quad (21)$$

У формулі (21) $M_{\text{нц}}$ — середня молекулярна маса нецукрів у розчині.

За результатами обробки даних фізико-хімічної депресії цукрових розчинів було визначено, що середня величина $M_{\text{нц}} = 148$.

Результати і обговорення. *Перший корпус випарної установки.* На нижній ділянці (від низу теплообмінної труби) має місце теплообмін в умовах ламінарної течії однофазної рідини. Вхідна ділянка має підвищену інтенсивність теплообміну, оскільки граничний шар на поверхні тільки починає формуватися і має малу товщину, але початкові ефекти швидко нівелюються і тепловий потік падає (рис. 2).

Як показують розрахунки, висота зони однофазного теплообміну складає 0,2—0,25 м. Далі, вище по трубі, починається поверхневе кипіння в умовах недогріву рідини до локальної температури кипіння. Інтенсивність тепло-

обміну починає зростати. По ходу підйому розчину його середня температура зростає і перегрів відносно температури кипіння на верхній трубній решітці випарного апарата досягає $1,2^{\circ}\text{C}$. Починається зона розвинутого бульбашкового кипіння.

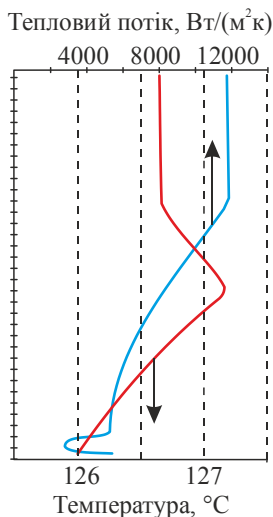


Рис. 2. Характеристики теплообміну для труби першого корпусу

Загальна висота перехідної зони досягає $1,2\text{—}1,3$ м, що становить, практично, четверту частину висоти теплообмінної труби випарного апарата. В цій зоні інтенсивність теплообміну менша через менші значення коефіцієнтів тепловіддачі та нижчі температурні напори. Загальне зменшення інтенсивності теплообміну, порівняно із розвиненим бульбашковим кипінням, складає приблизно 10%.

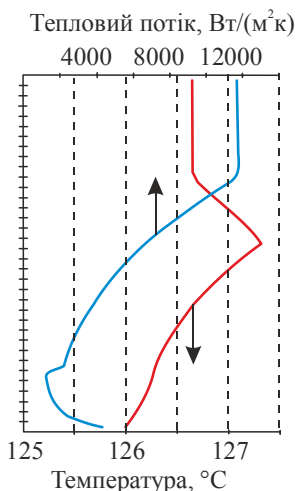


Рис. 3. Вплив підвищення рівня розчину на роботу першого корпусу випарного апарата

Вплив підвищення рівня розчину в апараті. Вважається, що підвищення рівня розчину в апараті забезпечує кращу надійність його роботи, що особливо важливо для першого корпусу випарної установки. При підвищенні рівня в апараті на 0,85 м значно зростають негативні ефекти гідростатичної депресії (рис. 3). Зона теплообміну в умовах однофазної течії зростає до 0,5 м, а зона виходу на розвинене кипіння — вдвічі. Зменшення теплової продуктивності досягає 27%. Тож підвищення рівня понад оптимальну величину негативно впливає на роботу випарного апарата і рівень надійності слід забезпечувати іншими заходами, наприклад, забезпечуючи ритмічну роботу і необхідну кількість соку в збірнику перед випарною установкою.

Величина недогріву соку (рис. 4) відносно мало впливає на інтенсивність теплообміну, хоча зростає величина економайзерної зони, але при цьому зростає і температурний напір. Загальне для всієї теплообмінної труби зменшення інтенсивності теплообміну не перевищує 10% навіть при значних недогрівах соку перед першим корпусом. Але краще нагрівання соку проводити в підігрівачах, де реалізовано кращі умови теплопередачі для однофазного потоку.

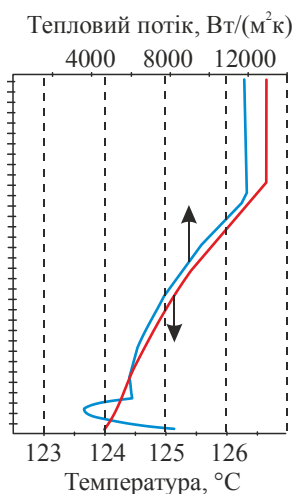


Рис. 4. Вплив недогріву соку для умов першого корпусу

Для другого корпусу випарної установки притаманні аналогічні характеристики з такими змінами: приблизно на 18% нижчі за величину інтенсивності теплообміну і в 2...2,5 рази більші за величину економайзерної зони. Ці зміни цілком відповідають величині збільшення концентрації розчину. Позитивно на роботу другого корпусу випарної установки впливає перегрів соку під трубною решіткою. З урахуванням багатократної циркуляції величина перегріву досягає 0,5—0,6°C порівняно з температурою кипіння на верхній трубній решітці випарного апарата. Але цього перегріву недостатньо, щоб компенсувати зростання локальної температури кипіння на рівні нижньої трубної решітки, яке досягає 3—3,8°C.

У третьому корпусі погіршення умов теплообміну продовжується, оскільки в умовах типових випарних установок концентрація розчину зростає до 45—55% СР. Винятком є робота третього або четвертого корпусу в режимі попереднього випаровування, коли очищений сік подається спочатку на третій (четвертий) корпус випарної установки, а потім надходить у перший корпус.

Негативні наслідки гідростатичної депресії проявляються в останніх корпусах випарної установки, де найбільш високі концентрації розчину і найвищий градієнт температури пари від тиску. Так, для умов п'ятого корпусу випарної установки (СР = 65%) локальна температура кипіння на рівні нижньої трубної решітки зростає на 12—13°C і навіть перевищує загальний температурний напір у випарному апараті (рис. 5). Негативно в цих умовах впливає також фізико-хімічна депресія, яка досягає 4—4,5°C.

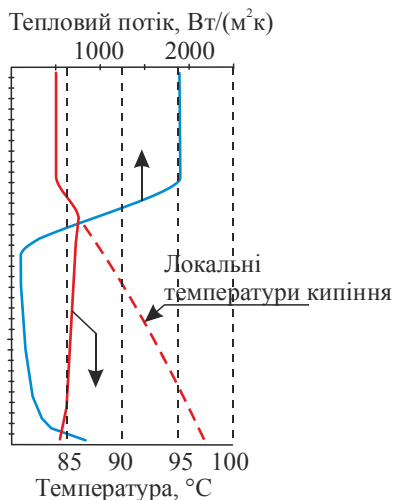


Рис. 5. Характеристики теплообміну для труби п'ятого корпусу

Економайзерна зона зростає до висоти 2 м. Лише на цій висоті починається процес поверхневого кипіння. По всій висоті економайзерної зони має місце режим ламінарної течії з низькими величинами інтенсивності теплообміну. Слід зазначити, що через високу в'язкість розчину, навіть в умовах розвинутого бульбашкового кипіння, інтенсивність теплообміну в 7—8 разів нижча, ніж в умовах роботи першого корпусу випарної установки.

Висновки

1. Шляхом реалізації чисельного експерименту оцінено величину негативного впливу гідростатичних депресій для різних корпусів випарних установок цукрового заводу.

2. Показано, що найбільш негативний вплив на величину зменшення загальної інтенсивності теплообміну має перевищення рівня соку у випарному апараті понад оптимальну величину. Величина недогріву соку для першого корпусу та перегріву для наступних в умовах багатократної циркуляції несуттєво впливає на загальну інтенсивність теплообміну.

3. Випарні апарати з природною циркуляцією розчину найбільш раціональні для оснащення перших корпусів випарної установки або випарних апаратів, які працюють у режимі попереднього випаровування. Для останніх корпусів випарної установки, де згущуються висококонцентровані розчини і негативний вплив гідростатичної депресії значний, рекомендується застосування випарних апаратів із гравітаційно стікаючою плівкою розчину.

Література

1. SugarTechnology. Beet and Cane Sugar Manufacture. P.W van der Poel, H. Schiweck, T. Shwartz ets all. Berlin: Bartens KG, 1998. 1102 s.
2. Тобилевич Н. Ю. Уточнение методики расчета выпарных установок сахарной промышленности. *Сахарная промышленность*. 1972. № 2. С. 20—24.
3. Загородский С. Теплосиловое хозяйство сахарных заводов. М: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. 130с.
4. Жукаускас А. А. Конвективный перенос в теплообменниках. М.: Наука, 1982. 472 с.
5. Штангесв К. О., Василенко С. М. Довідник з теплотехнічних розрахунків в цукровій промисловості. Київ: 2012, ТОВ АЛВІЯ, 138 с.

IMPROVEMENT OF SCHEMES AND EQUIPMENT FOR CLEANING, WASHING AND TRANSPORTATION OF SUGAR BEET TO PROCESSING

M. Khomenko

Institute of Post-Diploma Training of National University of Food Technologies

V. Kukhar

JSC Firm TMA

Key words:

*Schemes
Sugar beet
Transportation
Cleaning
Kinetic energy
Potential energy*

Article history:

Received 16.05.2019
Received in revised form
03.06.2019
Accepted 21.06.2019

Corresponding author:

M. Khomenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Last years approaches have been changed toward selection, technology of cultivation, harvesting, storing and processing of sugar beet in beet-sugar complex of Ukraine. It gave the following results: increase of crop capacity, sugar content and sugar yield per 1 ha of a field. It is well known that raw material constitutes nearly 60% of the cost price of sugar. That is why qualitative raw material is necessary for production of high quality sugar. One of the main requirements in the beet-sugar production is complete cleaning of beet from tare materials and associated impurities. It assures obtaining of high quality raw juice. Nowadays this is a big problem for the sugar industry of Ukraine.

Last years climate-weather conditions changes (the second half of a year without frosts practically) give possibilities to prolong time of beet harvesting and to process sugar beet without long-term storage. Such approach gives possibility to modify general scheme, installations and equipment of sugar beet yards and beet preparation stations of sugar factories.

Three variants of beet handling schemes are discussed. Their advantages and disadvantages are presented. Main problem questions of sugar beet cleaning are revealed. It is recommended to use kinetic energy of high pressure water jets and potential energy of compressed air in order to intensify sugar beet washing.

On the basis of research and development work fulfilled last years quantitative parameters were determined theoretically and experimentally: water operating pressure P , water flow rate V , velocity of water at nozzle slot exit v , power of water flow W . These parameters define impact of flat water jet in terms of bound soil removal from grooves of beet roots.

The main parts of scheme were determined where the most breakage of sugar beet roots takes place. Solutions were proposed to decrease this phenomenon.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-15

УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ, ВІДМИВАННЯ І ТРАНСПОРТУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ НА ПЕРЕРОБЛЕННЯ

М. Д. Хоменко

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

В. М. Кухар

ТОВ фірма «ТМА»

За останні роки бурякоцукровий комплекс України змінює підходи у питаннях проведення селекційної роботи, технології вирощування, збирання, збереження і переробки цукрових буряків, що дало свої результати: збільшилася урожайність, цукристість і вихід цукру з 1 га бурякового поля. В собівартості готової продукції сировина складає близько 60% від загальної, тому для виробництва якісного цукру необхідна якісна сировина. Основною вимогою бурякоцукрового виробництва є повне очищення буряків від сторонніх домішок і зв'язаних забруднень. Нині це є великою проблемою для цукрової галузі України.

Зміна в останні роки погодно-кліматичних умов в Україні (друге півріччя року майже без морозів) дає змогу подовжити термін збирання цукрових буряків, переробляти їх «з коліс» без закладання сировини на довготривале збереження. Такий підхід надає можливість змінювати загальну схему, споруди і обладнання при заводських бурякопунктів і бурякопідготовчих відділень цукрових заводів.

У статті розглянуто три варіанти схем роботи з буряками, схеми і обладнання бурякопідготовчих відділень цукрових заводів, описано їхні переваги і недоліки, виявлено основні проблемні питання. Рекомендовано, з метою інтенсифікації процесу відмивання буряків, використовувати кінетичну енергію струменів води високого тиску і потенційну енергію стисненого повітря.

На основі проведених в останні роки науково-дослідних робіт теоретично й експериментально визначено кількісні величини параметрів: робочий тиск води P , витрати води V , швидкість виходу води із щілини сопла v , потужність потоку води W , якими визначається ефективність дії пласкої струмни води на видалення зв'язаної землі (грунту) із борозенок і заглиблень коренів буряків. Визначено основні ділянки схем, де відбувається найбільше масове подрібнення коренів буряків, запропоновано рішення щодо їх зменшення.

Ключові слова: *схеми, цукрові буряки, транспортування, очищення, кінетична, потенційна енергія.*

Постановка проблеми. *Мета і завдання бурякоцукрового виробництва полягає в тому, щоб вилучити максимальну кількість цукру із цукросирови-*

ни, виробити цукор високої якості і низької собівартості, тобто конкурентоспроможний на світовому ринку. Завдяки теорії вилучення цукру, запропонованій П. М. Силіним, у світі розроблені різні типи дифузійних апаратів, основним параметром забезпечення ефективної роботи яких є якість стружки, отриманої з цукрових буряків [1; 2].

Високоякісну бурякову стружку можливо одержати при дотриманні таких вимог: достатньо повне відділення від коренів буряків сторонніх домішок і забруднень; зменшення ступеня пошкодження і подрібнення коренів буряків. Натепер для цукрових заводів України вирішення цих проблем є актуальним, тому проводиться пошук процесів інтенсифікації відділення зв'язаних ґрунтів від коренів буряків. Пропонується використовувати кінетичну енергію води високого тиску та потенційну енергію стисненого повітря.

Мета дослідження: удосконалення схем при заводських бурякопунктів і бурякопідготовчих відділень цукрового заводу та знаходження методів і способів інтенсифікації процесів очищення коренеплодів цукрових буряків.

Викладення основних результатів дослідження. Механізація робіт при вирощуванні, збиранні та способах доставки буряків на цукровий завод призводить до підвищення забрудненості маси сировини рослинністю і ґрунтами та до значного травмування і пошкодження коренеплодів буряків при неодноразових навантаженнях на транспортні засоби та їх розвантаженні. Забрудненість мікроорганізмами через пошкоджені поверхні коренеплодів, а також в'ялення і підморожування коренеплодів при зміні природних кліматичних умов ускладнюють збереження, транспортування на перероблення, призводять до збільшення втрат бурякомаси і цукру. Переробка такої сировини потребує впровадження й експлуатації більш удосконалених схем і обладнання тракту подачі та мийного відділення цукрових заводів.

Пом'якшення клімату в останні роки дає змогу змінювати загальну схему, споруди і обладнання при заводських бурякопунктів. Так, на всіх цукрових заводах України протягом більше двох століть використовується схема, яка передбачає закладання великої кількості сировини на довготривале зберігання. Основні об'єкти:

- багатоємні кагатні поля з кагатами цукрових буряків для довготермінового зберігання, обладнані розгалуженою системою лотків гідротранспортерів і трубопроводів подачі транспортерної води;

- сплавні площадки і механізовані склади;

- залізничні бурячні;

- автомобільні бурячні;

- цехи механізації, оснащені необхідними засобами для виконання розвантажувальних та інших робіт з буряками;

- сировинна лабораторія для постійного визначення якості цукрових буряків при прийманні і передачі на перероблення за всіма передбаченими параметрами тощо [1; 2].

Основні ділянки, де відбувається найбільш масове пошкодження коренеплодів буряків:

- пересипка маси буряків на всьому тракті транспортування сировини;

- при навантаженні і розвантаженні транспортних засобів, наповненні та звільненні ємностей складів тимчасового збереження;
- піднімання немитих буряків з наземного лотка гідротранспортера в надземний буряконасосами;
- піднімання відмитих буряків ланцюговими ковшовими елеваторами в бункер над бурякорізками;
- гравітаційне падіння буряків між обладнанням по всій довжині бурякопідготовчого відділення заводу [1; 2].

Подовження терміну збирання цукрових буряків на полях зони вирощування дає змогу ліквідувати довготермінове зберігання великої маси сировини в кагатах протягом сезону її переробки і водночас удосконалювати зовнішні споруди та схеми при заводських бурякопунктів за аналогією з цукровими заводами країн Європи, на територіях яких більш м'який клімат в осінньо-зимовий період року.

Використовуючи зміну погодно-кліматичних умов на території України в останні роки можливо, хоча і дещо ризиковано, з метою збереження сировини, досягнути зменшення пошкодження коренеплодів буряків, експлуатаційних затрат, втрат бурякомаси і цукру. Для цього необхідна реконструкція при заводських бурякопунктів з переобладнанням на комбіновані схеми транспортування й очищення цукрових буряків перед переробленням, впровадження інтенсивних методів очищення і відмивання коренеплодів цукрових буряків.

Пропонується декілька варіантів схем роботи з буряками і шляхи їх вирішення. Класична схема, яка впроваджена на усіх заводах України [1; 2], може бути удосконалена.

Варіант 1. Комбінована схема (суха механічно-гідролічна):

- механізовані роботи з буряками на при заводських бурякопунктах;
- суха подача немитих буряків у надземний лоток гідротранспортера і мийне відділення стрічковим конвеєром (без підйому буряконасосами);
- очищення буряків від сторонніх домішок обладнанням, установленим по довжині лотка гідротранспортера;
- відмивання від зв'язаних забруднень ґрунтами в мийному відділенні;
- транспортування (підймання) відмитих коренеплодів буряків ланцюговим ковшовим елеватором або ж стрічковим конвеєром у бункер над бурякорізками.

Варіант 2. Комбінована схема (суха механічно-гідролічна–суха механічна):

- механізовані роботи з буряками на при заводських бурякопунктах;
- суха подача немитих коренеплодів буряків з наземного складу або місць розвантаження в надземний лоток гідротранспортера стрічковим конвеєром (без підйому буряконасосами);
- очищення від сторонніх домішок на станції очистки та відмивання зв'язаних ґрунтів з коренеплодів у мийному відділенні;
- суха подача відмитих коренеплодів буряків стрічковим конвеєром у бункер над бурякорізками (без підйому ланцюговими ковшовими елеваторами).

Класична схема, яка експлуатується дотепер від початку промислового виробництва кристалічного цукру зі змінами й удосконаленнями, враховуючи зростання технічного прогресу протягом цього періоду, залишається прийнятною. Безумовно, в цій схемі більше переваг, чим недоліків [1; 2]. Існують також удосконалені схеми.

Варіант 1. Комбінована схема.

Переваги:

- не передбачається довготермінове збереження великих мас сировини;
- спрощуються при заводські бурякопункти через непотрібність частини зовнішніх систем і споруд;
- відпадає необхідність у додаткових роботах з буряками внаслідок зменшення кількості їх пересипок, механізмів і робітників;
- зменшується травмування і пошкодження коренеплодів; час перебування цукрових буряків у середовищі транспортерної води і втрати цукру під час вимивання його водою з відкритих поверхонь коренеплодів; загальна кількість транспортерної води в замкнутій системі споживання води; екологічне забруднення середовища тощо.

Недоліки:

- велика кількість зв'язаних на коренях і вільних ґрунтів надходить на обладнання станції очищення та миття буряків;
- при переробці буряків у морозний період сезону велика ймовірність надходження, при сухій подачі, змерзлих глиб сировини, що ускладнить транспортування і може призвести до пошкодження та виходу з ладу обладнання станції очищення;
- зниження ступеня відмивання коренів буряків через зменшення часу їх знаходження в транспортерній воді (зменшення часу розмочування і відмивання коренеплодів від зв'язаних ґрунтів);
- без впровадження процесів інтенсифікації в станції очистки і мийного відділення діючих цехів досягти високого ступеня відмивання коренеплодів неможливо [1; 4; 7].

Варіант 2. Комбінована схема.

При використанні комбінованої схеми 2 необхідно враховувати план розміщення зовнішніх споруд, цехів і відділень по території заводу, насамперед при заводського бурякопункту і бурякопідготовчого відділення, підбір та компоновку обладнання. З урахуванням вищезазначеного варто провести розрахунки капітальних одноразових і довготермінових експлуатаційних затрат. Лише після цього прийняти правильне рішення щодо економічної доцільності впровадження цієї схеми в умовах України.

Усі рекомендовані схеми мають право на впровадження і довготермінову експлуатацію на цукрових заводах, якщо керівники і технічні працівники цукрового заводу правильно оцінять такі умови: характеристика ґрунтів зони бурякосіяння (піщані, чорноземні, глинисті, суглинисті тощо); фактична за останні роки забрудненість полів рослинністю і важкими домішками (каменями); фактична забрудненість сировини, що поступає на цукровий завод; природно-кліматичні умови району за останні роки.

Основною вимогою бурякоцукрового виробництва є повна очистка буряків від сторонніх домішок і зв'язаних ґрунтів, чим забезпечиться отримання високоякісної бурякової стружки, якою визначається отримання високоякісного дифузійного соку [1; 2]. Нині це є великою проблемою для цукрової галузі України.

Варто зазначити, що, починаючи з 1973—1975 років в ВНДЦП виконувались науково-дослідні роботи з вирішення вказаної проблеми. На основі отриманих результатів запропоновано для інтенсифікації процесу відмивання коренів буряків використовувати кінетичну енергію води під високим тиском і потенціальну енергію стисненого повітря. На основі результатів досліджень були розроблені та рекомендовані для серійного впровадження дискові водо-відділювачі типу ВДФ, робоча поверхня яких набрана 12 валками, укомплектовані струминними соплоапаратами, валком зворотного обертання, високонапірним насосом 2ТС-15-115, пристроєм для видалення рослинності потоком стисненого повітря [1; 2].

Над вирішенням цієї проблеми працюють науковці і фахівці з багатьох країн світу. Так, німецька фірма «Putsch» розробила і впроваджує на цукрових заводах фінішну мийку, аналогічну запропонованій у вісімдесятих роках минулого сторіччя працівниками Всесоюзного науково-дослідного інституту цукрової промисловості. Відмінність конструкції мийки фірми «Putsch» лише в тому, що робоча платформа має 18 рядів валів, набраних фігурними гумовими дисками інших геометричних розмірів, кожний вал має індивідуальний привід через мотор-редуктор. Над робочою поверхнею встановлено 12 колекторів з 12 дюзними форсунками на кожному з них, через які подається профільтована вода під високим тиском (16 бар) і діє у вигляді кругових капель води.

Починаючи з 2009 року, голландська компанія «Suiker Unie» проводить наукові дослідження з метою отримання додаткових знань про фундаментальні аспекти мийки буряків [6; 7]. Проблема в Голландії виникла після того, як компанія «Suiker Unie» запланувала будівництво двох цукрових заводів Динтелорд і Фирферлатен продуктивністю 28 000 т буряків за добу. В зоні бурякосіяння цих заводів глинисті ґрунти, буряки мають велику залишкову забрудненість зв'язаним ґрунтом (глиною), що й змусило шукати процеси інтенсифікації відмивання буряків. Правильність ідеї використання кінетичної енергії високонапірних струменів води, запропоновану авторами цієї статті понад 40 років тому, підтвердили голландські спеціалісти, які планують впровадити струмино-роликову мийку або ж струминно-барабанну [6; 7].

Продовжуються роботи з удосконалення і вирішення цієї проблеми науковими працівниками Інституту післядипломної освіти Національного університету харчових технологій (ІПДО НУХТ) і фірми ТОВ «ТМА» (м. Київ).

Так, на основі проведених в останні роки науково-дослідних робіт з удосконалення методів і поглиблення знань з використання кінетичної енергії води високого тиску запропоновано: математичний опис процесу відмивання зв'язаних ґрунтів від коренеплодів цукрових буряків; теоретично й

експериментально визначено кількісні величини параметрів. В основі вивчення процесів вимивання ґрунтів із борозенок і впадин коренеплодів цукрових буряків, вирощених у зонах з важкими чорноземними, глинистими і суглинними ґрунтами.

Так, кінетична енергія струмини води, що діє на коренеплід цукрового буряка, визначається співвідношенням таких параметрів:

1. Потужність потоку води, що використовується на відмивання коренів:

$$W = \frac{m \cdot v^2}{2}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

де m — масові витрати потоку, кг/с; v — швидкість потоку в щілині, м/с.

2. Співвідношення між масовими і об'ємними витратами води:

$$m = \rho V, \text{ кг/с}, \quad (2)$$

де ρ — питома маса води, кг/м³; V — об'ємні витрати води, м³/с.

$$V = vf, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3)$$

де f — площа отвору щілини, м².

3. Потужність потоку води, виражена через тиск P :

$$W = PV, \text{ Вт}.$$

$$P = \frac{m \cdot v^2}{2V}. \quad (4)$$

Задавши різні значення швидкості потоку v , одержимо залежність $P = P(v)$.

З приведеної гідравлічної залежності видно, що маса води суцільним потоком діє на перегородку з максимальною енергією. Роздрібнення маси струмини води на дрібні частини — це розсіювання кінетичної енергії яка діє на корені буряків з меншою ефективністю [4—7], а отже, малоефективна відносно інтенсифікації процесу відмивання.

Процес використання кінетичної енергії високонапірних струменів води за прогнозованими даними описується залежностями (1)—(4).

Витік води через сопла. Приймаємо вихідні дані:

Густина води, кг/м ³	1000	1000	1000
Коефіцієнт витрати води	0,946	0,946	0,946
Ширина щілин, мм	5	4	3
Довжина щілини, мм	90	90	90
Переріз щілини, м ²	0,00045	0,00036	0,00027

За вищенаведеними параметрами визначено кількісні величини: тиск на манометрі P ; витрата води V ; швидкість витіку води v ; потужність потоку води W виражена через тиск P , якими і визначається ефективність дії кінетичної енергії високонапірного струменю води на видалення зв'язаного ґрунту (землі) з коренеплодів буряків залежно від ширини (зазору) щілини.

Отримані розрахункові результати представлені графічно на рис. 1, 2.

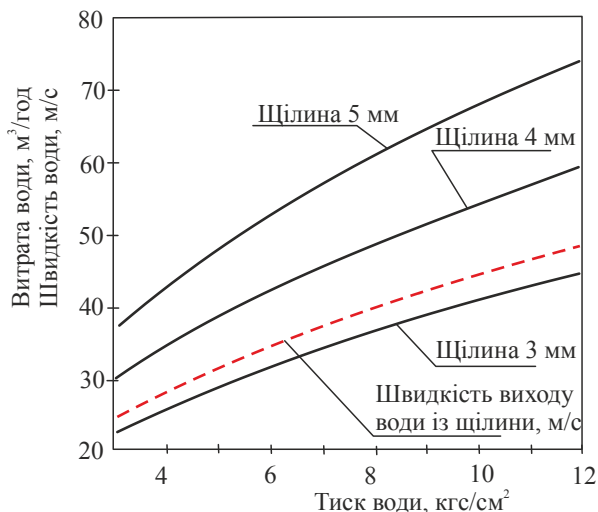


Рис. 1. Співвідношення параметрів: витрата води; тиск води: зазор виходу щілини і швидкість води із щілини

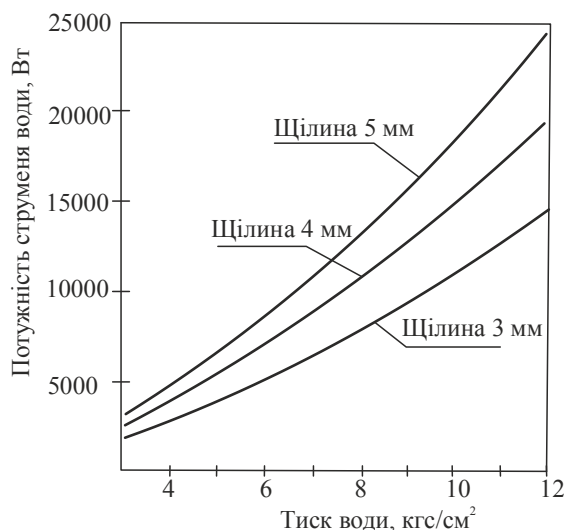


Рис. 2. Залежності потужності струменя води від тиску води і зазору щілини сопла

Наведені залежності показують вплив параметрів на результат ступеня відмивання коренеплідів буряків і енерговитрати. В практичних умовах необхідно підбирати оптимальні величини цих параметрів з урахуванням конкретних умов цукрового заводу.

Приведено опис фізики процесів розкладу сил потужності дії струменя води на поверхню коренеплоду при взаємодії під кутом 90° і 70° [1; 5].

З метою повного видалення зв'язаних ґрунтів із борозенок і впадин на коренях буряків, пропонуємо впроваджувати в діючих мийних відділеннях на цукрових заводах України наукові розробки останніх років, зокрема мийний

агрегат, який забезпечує використання кінетичної енергії води і потенціальної енергії стисненого повітря з високою ефективністю. Особливості конструкції і вимоги щодо його експлуатації достатньо повно наведені в наукових виданнях [1; 5] і нормативно-інструктивних матеріалах [2].

Вузли використання інтенсифікуючих процесів відмивання буряків представлено на рис. 3. Буряководяна суміш з лотка гідротранспортера 1 надходить на вододомішковідділювач 2 типу «ТМА-ВДФ», на робочій поверхні якого відбирається транспортерна вода з домішками і направляється на обладнання розділення і класифікації. Відділені від транспортерної води коренеплоди буряків переміщуються за рахунок однонаправленого обертання валків, набраних фігурними гумовими дисками. Над робочою поверхнею вододомішковідділювача між четвертим і п'ятим валками встановлено сопло — апарат 3, що формує плаский високонапірний струмінь води під кутом 90° до робочої поверхні, чим сприяє ефективному відділенню сторонніх домішок від потоку буряків, а між восьмим і дев'ятим валками під кутом 70° проти переміщення потоку буряків високонапірний струмінь води, сформований другим соплоапаратом 3. Соплоапарати встановлені на колекторі 4, обладнаному манометром 5, показником якого контролюється і регулюється робочий тиск води. Коренеплоди буряків при входженні тангенціально під дією високонапірного струменя води провертаються декілька разів своєю поверхнею, в процесі чого кінетична енергія води вибиває зв'язаний ґрунт із заглибин коренеплодів. Після останнього валка дискового вододомішковідділювача встановлений валок зворотного обертання 6, а в проміжок між ними через соплоапарат 7 подається потік стисненого повітря для відбору легких домішок від потоку буряків у процесі пересипки.

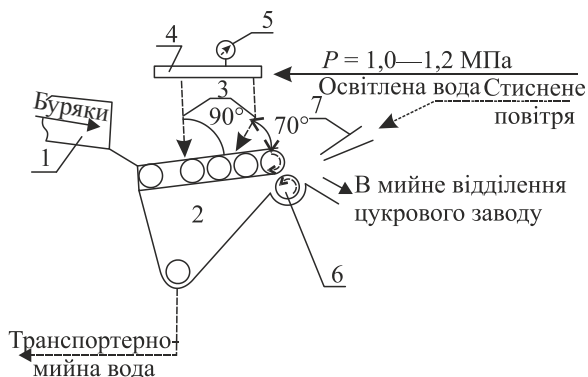


Рис. 3. Агрегат у схемі мийного відділення

Рекомендується для впровадження також мийний агрегат, який виконує процес відмивання коренеплодів буряків з використанням високонапірних струменів водоповітряної суміші в пульсаційному режимі роботи, а також з використанням ефекту кавітації [5].

Висновки

Для підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва необхідно: удосконалювати схеми робіт з буряками; забезпечити якісну очистку сирови-

ни від домішок і забруднень шляхом впровадження процесів інтенсифікації; виконати всі умови для отримання високоякісної бурякової стружки і дифузійного соку. Наведені результати виконаних НДР з використанням кінетичної енергії води і потенційної енергії стисненого повітря та рекомендації для їх впровадження у виробництво дають змогу підвищити коефіцієнт виробництва і коефіцієнт заводу та знизити собівартість цукру.

Література

1. Хоменко М. Д. Сучасні схеми та обладнання для переробки цукрових буряків. Транспортування, очищення, отримання стружки і дифузійного соку: Навч. посіб. К.: Сталь, 2006. 240 с.
2. Правила усталеної практики. Технологічний процес виробництва цукру з цукрових буряків. К.: Цукор України. 2008. 418 с.
3. Шлипченко З. С. Насосы, компрессоры и вентиляторы. К.: Техника, 1976, 368 с.
4. Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Піддубний В. А. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях. К.: ПП Люксар, 2007. 443 с.
5. Нарожний С. О., Хоменко М. Д., Сорокін А. І. Водоповітряне пульсаційне відмивання цукрових буряків. К.: Харчова промисловість. 2010. № 9. С. 131—133.
6. Мардес Спапенс-Ерлеманс, Витгенберг Аренд, Струйс Ян Разработки по улучшению мойки свеклы. *Сахар и Свекла*. 2015. № 1. С.10—19.
7. Нувс Даниэль, Струйс Ян Разработки по улучшению мойки свеклы (Часть 2). *Сахар и Свекла*. 2018. № 2. С.11—18.

DETERMINATION OF THE AMOUNT OF CONDENSATES DEPENDING ON THE TECHNICAL LEVEL OF THE SUGAR PLANT

A. Sorokin

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

Key words:

*Secondary steam condensates
Rational use of condensates for technology
Heat engineering processes
Dependence of the amount of condensate on the technical level of production*

Article history:

Received 14.05.2019
Received in revised form 05.06.2019
Accepted 20.06.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Data on the amount of condensate that are formed in beet sugar production is of great importance in calculating and planning the costs of these condensates for the technological processes of production and the rational use of their heat, as well as the rational use of water for sugar production. The amount of condensate generated in production depends on the main parameters of the technological and heat engineering process that are used in production, namely: on the amount of pumping of diffusion juice and dry substances (PS) of the syrup, which goes to boiling the massecuite in vacuum machines, parameters of the evaporative unit.

Recently, the sugar industry began to introduce intensively new technologies that were aimed at improving production efficiency, reducing fuel consumption and reducing sugar losses in production. These technologies include the diffusion-press method of obtaining diffusion juice, which provides for a significant reduction in the pumping of diffusion juice. This technology allows not only to reduce fuel consumption when boiling juice, but also to reduce sugar losses in the diffusion process, to improve its quality and to increase the processing capacity of beets. The technologies that reduce the costs of heat in production should also include technologies for boiling massecuite from highly concentrated syrups when using vacuum apparatus with a circulating pump.

The study showed that the improvement of heat use makes it possible to significantly reduce steam consumption for technological needs.

Comprehensive improvement of technological and heat engineering processes makes it possible not only to further reduce the steam consumption for the technological process, but also significantly reduce the amount of condensate in the plant, and the discharge of excess condensates into the ammonia box and, accordingly, in category 1 water decreases by almost 2 times.

ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ КОНДЕНСАТІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

А. І. Сорокін

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

Дані про кількість конденсатів, які утворюються в бурякоцукровому виробництві, мають велике значення при розрахунках і плануванні витрат цих конденсатів на технологічні процеси виробництва та раціональне використання їх тепла, а також на раціональне використання води у виробництві цукру. Кількість конденсатів, які утворюються у виробництві, залежать від основних параметрів технологічного й теплотехнічного процесів, зокрема: від величини відкачки дифузійного соку, сухих речовин сиропу, який поступає на уварювання утфелів у вакуум-апаратах і параметрів роботи випарної установки.

Останнім часом у цукровій галузі почали інтенсивно впроваджувати новітні технології, які були направлені на підвищення ефективності виробництва, зниження витрат палива та зменшення втрат цукру у виробництві. До цих технологій слід віднести дифузійно-пресовий метод одержання дифузійного соку, який передбачає значне зменшення відкачки дифузійного соку. Ця технологія надає можливість не тільки знизити витрати палива при випарюванні соку, але й зменшити втрати цукру в дифузійному процесі, підвищити його якість та збільшити продуктивність переробки буряків. До технологій, які дають змогу знизити витрати тепла у виробництві, слід також віднести технології уварювання утфелів з висококонцентрованих сиропів при застосуванні вакуум-апаратів з механічними циркуляторами.

Як показує досвід ряду бурякоцукрових заводів, які впровадили вищезазначені технології, витрати пари на технологічні потреби у виробництві суттєво зменшились, відповідно, практично вдвічі зменшились і кількість конденсатів, які поступають як у збірник аміачної води, так і в оборотну систему вод I категорії головного корпусу, або в поверхневу водойму при прямоточній системі водопостачання.

Ключові слова: *конденсати вторинної пари, раціональне використання конденсатів, теплотехнічні процеси, залежність кількості конденсатів від технічного рівня виробництва.*

Постановка проблеми. В бурякоцукровому виробництві утворюється значна кількість конденсатів вторинної пари, так званої аміачної води. Конденсати, що утворюються у виробництві, можна розділити на дві частини: перша із них повторно використовується у виробництві, а друга — це конденсати, які втрачаються і виводяться із заводу. Ця частина конденсатів поступає в оборотну систему вод I категорії головного корпусу або безпосередньо у водойму при прямоточному водопостачанні.

Для типової технології, яка використовувалась на наших цукрових заводах раніше, нормативна величина відкачки дифузійного соку становила 120% до маси буряків, а сухі речовини (СР) сиропу із випарної установки, що направлявся на уварювання у вакуум-апарати, складала 65% СР. Конденсат, що утворився при згущенні соку у випарній установці, може використовуватися повторно в технологічних процесах, а конденсат з утфельної пари, який утворювався у вакуум-конденсаційній установці, виводився із заводу в суміші із свіжою або оборотною водою. Можливостей його використовувати повторно в технологічних процесах не існує, за винятком невеликої частини конденсату, що утворювався в предконденсаторі і направлявся в суміші із свіжою технічною водою (барометричною водою) для живлення дифузійної установки.

Кількість конденсатів, які утворюються в бурякоцукровому виробництві, залежать від основних параметрів технологічного й теплотехнічного процесу, які використовуються у виробництві, зокрема: від величини відкачки дифузійного соку та СР сиропу, що поступає на уварювання утфелю у вакуум-апаратах і параметрів роботи випарної установки.

Починаючи із середини 90-х років ХХ ст. в українській бурякоцукровій галузі почали інтенсивно впроваджувати новітні технології, які були направлені на підвищення ефективності виробництва, зниження витрат палива та зменшення втрат цукру у виробництві. До цих технологій слід віднести дифузійно-пресовий метод одержання дифузійного соку, який передбачає значне зменшення відкачки дифузійного соку з 120—130% до величини 98—110% до маси буряків. Ця технологія надає можливість не тільки знизити витрати палива при випарюванні соку, але й зменшити втрати цукру в дифузійному процесі, підвищити його якість і збільшити продуктивність переробки буряків. До технологій, які дають змогу знизити витрати тепла у виробництві, слід також віднести технології уварювання утфелів з висококонцентрованих сиропів при застосуванні вакуум-апаратів з циркуляторами.

Важливим, з точки зору підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва, є застосування автоматизованих камерних фільтрпресів замість вакуум-фільтрів. Їх використання в бурякоцукровому виробництві надає можливість як зменшити втрати цукру у фільтраційному осаді, так і зменшити витрати промивних вод, які надходять у фільтрований сік. Це також зменшує витрати гріючої пари із ТЕЦ на одержання сиропу. Окрім вищевикладеного, використання автоматизованих камерних фільтрпресів дає змогу ліквідувати стічні води, які утворювалися при гідротранспортуванні фільтраційного осаду після вакуум-фільтрів на очисні споруди.

При використанні згаданих вище новітніх технологій на цукрових заводах України ефективність бурякоцукрового виробництва значно зросла як з точки зору зменшення витрат теплової енергії, так і з точки зору зниження утворення кількості технологічних вод, до яких належать також і конденсати вторинної пари (аміачна вода), кількість яких необхідно враховувати на кожному цукровому заводі.

Мета дослідження: визначення кількості конденсатів, які утворюються у бурякоцукровому виробництві, залежно від основних параметрів роботи новітніх технологій, впроваджених на цукровому заводі.

Викладення основних результатів дослідження. Раціональне використання конденсатів у виробництві з урахуванням їх якості надає можливість додатково підвищити ефективність підприємства як за рахунок теплоти, яку вони утримують, так і за рахунок зниження витрат свіжої технічної води на технологічні потреби.

Нижче розглядаються питання утворення кількості конденсатів вторинної пари в бурякоцукровому виробництві залежно від основних параметрів переробки буряків, а також їх раціональне використання у виробництві на основі порівняння основних показників переробки буряків.

Розглянуто три варіанти схем. Так, варіант А — базова, схема з технічним рівнем заводів 80—90-х років ХХ сторіччя, з типовими основними технологічними і теплотехнічними показниками. Варіант Б — умовна схема, в якій основні технологічні показники тотожні варіанту А, а теплотехнічні показники, передусім робота випарної установки, максимально наближена до кращих сучасних вітчизняних показників. Варіант В — варіант з найбільш ефективними на сьогодні рішеннями в технології та енергоспоживанні бурякоцукрового заводу.

У табл. 1 наведені вихідні дані показників бурякової стружки для перероблення на бурякоцукрових заводах з різним технічним рівнем виробництва

Таблиця 1. Основні параметри роботи дифузійної установки

Бурякова стружка			
Показники	А	Б	В
Стружка, % дмб*	100	100	100
Дигестія, %	17,5	17,5	17,5
Клітковина, % дмб	4	4	3,5
Дб нормального соку, %	86	86	88
Нецукри нормального соку, %	2,85	2,85	2,39
Зв'язана вода, % дмб	3	3	3
Соковий коефіцієнт, %	93	93	93,5
СР нормального соку, %	20,35	20,35	19,89
Кількість води в стружці, % дмб	72,65	72,65	73,61

* — тут і надалі скорочення дмб — до маси буряків.

Для варіантів А і Б технологічні показники бурякової стружки однакові. Для варіанта В вони дещо змінені, враховуючи, що в Україні останнім часом використовується насіння цукрових буряків західноєвропейської селекції. Цукрові буряки такої селекції мають менший вміст клітковини, тобто тонші стінки клітин. За рахунок цього вони мають більш високий соковий коефіцієнт, але при цьому гірше зберігаються, сильніше травмуються та мають менший вихід сушеного жому. В табл. 2 наведені показники балансу дифузійних установок для бурякоцукрових заводів з різним технічним рівнем виробництва.

Із даних табл. 2 випливає, що баланси дифузійних установок розраховувалися з використанням методик, викладених у [1—3]. Для варіантів А і Б живлення дифузійних установок передбачалось тільки барометричною водою, для варіанта В — тільки жомопресовою водою і надлишковими (аміачними) конденсатами.

Таблиця 2. Показники балансу роботи дифузійних установок для цукрових заводів різного технічного рівня

Баланс дифузійної установки			
Показники	А	Б	В
Кількість дифузійного соку, % дмб	120	120	105
Вміст цукру в жомі, % дмб	0,35	0,35	0,35
Невраховані втрати, % дмб	0,1	0,1	0,1
Ефект очистки на дифузії, %	15	15	15
Цукор дифузійного соку, % дмб	17,05	17,05	17,05
Нецукри дифузійного соку, % дмб	2,42	2,42	2,03
Сухі речовини дифузійного соку, % дмб	19,47	19,47	19,08
СР дифузійного соку, %	16,23	16,23	18,17
Дб дифузійного соку, %	87,56	87,56	89,37
Води в дифузійному соці, % дмб	100,53	100,53	85,92

У табл. 3 наведені дані щодо живильної води, яка використовується в дифузійному процесі залежно від технічного рівня цукрового заводу.

Таблиця 3. Вид і кількість живильної води для дифузійних установок цукрових заводів різного технічного рівня виробництва

Живильна вода			
Показники	А	Б	В
Всього живильної води, % дмб	105	105	90
Барометрична вода, % дмб	105,00	105,00	0,00
Конденсати (аміачна вода), % дмб	0	0	33,83
Жомопресова вода, % дмб	0,00	0,00	56,17

У табл. 4 приведені розрахунки показників при очищенні дифузійного соку, які виконувалися для типової схеми з холодною (теплою) прогресивною попередньою defeкацією. Вказані розрахунки виконані на основі даних, наведених у [4; 5].

Таблиця 4. Показники ефективності очищення дифузійного соку по типовій схемі для заводів різного технічного рівня

Очищення дифузійного соку			
Показники	А	Б	В
І	2	3	4
Ефект очищення, %	35	35	35
Витрата СаО, % дмб	2,5	2,5	1,8
Густина вапняного молока, г/мл	1,18	1,18	1,18
Активність вапняного молока, %	90	90	90
Витрата вапняного молока, % дмб	14,48	14,48	10,42
Кількість води з вапняним молоком, % дмб	11,98	11,98	8,62
Вода на промив осаду, % дмб	16,30	16,30	4,68
Втрати води на І сатурації, % дмб	1,53	1,53	1,08
Втрати води на ІІ сатурації, % дмб	0,36	0,36	0,35
Видалено нецукрів, % дмб	0,85	0,85	0,71
Втрати води в ВФ, % дмб	0,2	0,2	0
Кількість бруду в СР, % дмб	3,35	3,35	2,51

Продовження табл. 4

1	2	3	4
Вода в бруді, % дмб	3,35	3,35	1,51
Промії в сік, % дмб	10,04	10,04	0,00
Втрати цукру при очищенні, % дмб	0,1	0,1	0,1
Всього сухих речовин в очищеному соці, % дмб	18,52	18,52	18,27
Вода в очищеному соці, % дмб	120,46	120,46	93,11
Витрата очищеного соку, % дмб	138,98	138,98	111,38
СР очищеного соку, %	13,33	13,33	16,40
Дб очищеного соку, %	91,50	91,50	92,78

Із даних, наведених у табл. 4, видно, що за рахунок зменшення відкачки отримується дифузійний сік більш вищої чистоти і більш високої концентрації по СР. При цьому, для одержання соку високої якості, знижуються відчутно витрати вапна.

Використання камерних фільтрпресів і технології гашення вапна промислами зменшує розбавлення соку водою при очищенні, що позитивно впливає на витрати палива в бурякоцукровому виробництві.

Відомо, що основним показником теплової ефективності випарної установки є кратність випаровування: тобто відношення кількості випареної води до кількості пари, що подається в першій корпус. Показники роботи випарних установок залежно від технічного рівня виробництва наведені в табл. 5.

Таблиця 5. Теплова ефективність випарних установок залежно від технічного рівня бурякоцукрового виробництва

Показники	А	Б	В
Випарна установка			
Кратність випаровування ВУ	2	3,5	3,5
СР сиропу, %	65	65	72
Випарено води в ВУ, % дмб	105,09	105,09	82,89
Витрати пари з ТЕЦ на ВУ, % дмб	52,55	30,03	23,68
Витрати пари з ТЕЦ на нагрів до кип., % дмб	2,40	2,40	1,92
Всього пари з ТЕЦ на технол. потреби, % дмб	54,95	32,43	25,61
Витрата пари на конденсатор із ВУ, % дмб	1,5	1,5	0,5
Всього конденсату, % дмб	158,54	136,02	108,00
Повернення конденсату в ТЕЦ, % дмб	60,44	35,67	28,17

Як видно з даних (табл. 5), теплова ефективність випарних установок залежно від технічного рівня виробництва найбільш висока у варіанті В. У цьому варіанті кратність випаровування складає 3,5. Сухі речовини сиропу із випарної установки складають 72%, що надає можливість значно знизити кількість води, яку необхідно випарити на вакуум-апаратах і знизити втрати тепла при конденсації утфельної пари. Також варіант В забезпечує зниження загальної кількості конденсату 108,00% до маси буряків, якщо порівняти з варіантом Б і А, в яких цей показник, відповідно, складає 136,02 і 158,54% до маси буряків.

Показники продуктового відділення розраховувалися виходячи із трипродуктової схеми з централізованим клеруванням цукру II та III кристалі-

зацій очищеним соком. Розрахунки проводились з використанням [4—6]. Результати розрахунків основних показників роботи продуктивних відділень цукрових заводів різного технічного рівня приведені в табл. 6.

Таблиця 6. Показники роботи продуктивних відділень залежно від технічного рівня бурякоцукрового виробництва

Показники	А	Б	В
Продуктове відділення			
ДБ меляси, %	57	57	57
Цукор в мелясі, % дмб	2,76	2,76	2,31
СР меляси, %	83,00	83,00	83,00
Вихід меляси, % дмб	5,22	5,22	4,38
Втрати цукру в продуктовому відділенні, % дмб	0,05	0,05	0,05
Вихід цукру, % дмб	14,14	14,14	14,59
Жовтий цукор, % дмб	8,00	8,00	8,00
Витрата соку на клерування ЖЦ, % дмб	4,80	4,80	3,45
Витрата соку на розкачки ВА, % дмб	1,98	1,98	0,58
Вода на пробілку цукру, % дмб	0,60	0,60	0,62
Пропарка, % дмб	1,00	1,00	1,00
Вода в сиропі, % дмб	9,49	9,49	6,85
Вода в соці в прод, % дмб	5,88	5,88	3,37
Пара на ВКУ, % дмб	16,47	16,47	11,34
Витрати пари в продуктове, % дмб	1,4	1,4	1,4

Із даних, наведених у табл. 6, видно, що показники роботи продуктового відділення цукрового заводу з високим технічним рівнем більш економічно привабливі, ніж показники роботи продуктивних відділень цукрових заводів, технічний рівень яких не відповідає сучасним вимогам. Такий основний показник, як витрати пари на вакуум-конденсаційну установку для продуктового відділення цукрового заводу з високим технічним рівнем (варіант В), складає 11,34% до маси буряків, тоді як для цукрових заводів зі старим технічним рівнем цей показник складає 16,47% до маси буряків. Тобто втрати тепла з цією парою для заводів з високим технічним рівнем на 5,13% до маси буряків менші.

У табл. 7 наведені дані щодо балансу конденсатів вторинної пари для цукрових заводів різного технічного рівня: варіанти А, Б і В.

Таблиця 7. Баланс конденсатів вторинної пари цукрових заводів з різним технічним рівнем виробництва

Показники	А	Б	В
1	2	3	4
Надходження			
Конденсат пари із ТЕЦ, % дмб	54,95	32,43	25,61
Конденсати вторинної пари ВУ, % дмб	103,59	103,59	82,39
Всього	158,54	136,02	108,00
Споживання			
Конденсату в ТЕЦ, % дмб	60,44	35,67	28,17
Конденсат на живлення дифузії, % дмб	0,00	0,00	33,83

1	2	3	4
Конденсат у вапняне відділення	11,98	11,98	5,45
Конденсат на промив осаду, % дмб	16,30	16,30	4,68
Всього, % дмб	88,71	63,94	72,13
Конденсат надлишковий, % дмб	69,83	72,08	35,87

Висновки

Отже, удосконалення тепловикористання надає можливість суттєво зменшити витрати пари на технологічні потреби (варіант Б порівняно з варіантом А): з 54,95% дмб до 32,43% дмб, але загальна кількість конденсатів при цьому практично не змінюється, кількість конденсатів (аміачної води), що скидається в оборотну систему вод 1 категорії головного корпусу також залишається високою.

Комплексне удосконалення технологічного й теплотехнічного процесів дає змогу не тільки додатково зменшити витрати пари на технологічний процес (до 25,6% дмб), але й значно зменшити кількість конденсатів, утворених на цукровому заводі, також практично вдвічі зменшується кількість надлишкових конденсатів.

Література

1. Силян П. М. *Технология сахара*. 2-е изд., перераб. и доп. М: «Пищевая промышленность», 1967. 625 с.
2. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. Киев: ВНИИСП, 1983. 475 с.
3. Инструкция з питань водного господарства цукрових заводів. Київ: УкрНДЦП, 1994. 114 с.
4. Скорик К. Д. *Промислова кристалізація цукру: навч. посіб.* Київ: ІПДО НУХТ, 2004. 202 с.
5. Штангеев К. О., Василенко С. М. *Довідник з теплотехнічних розрахунків у цукровій промисловості*. Київ: ІПДО НУХТ, 2012. 138 с.
6. *Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики 15.83-37-106:2007*. Київ: ТОВ «Інформаційно-аналітичний Центр «Цукор України», 2007. 420 с.

PROCESSES OF SHELLING OF WALNUTS

A. Ukrainets, O. Negrey

National University of Food Technologies

Key words:

Walnuts
Peeling
Shell
Strain rate
humidity
Orientation
Force

Article history:

Received 14.05.2019
Received in revised form
06.06.2019
Accepted 20.06.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Fruits of walnuts have different geometric parameters, shape, thickness of the shell. These deviations along with the varietal characteristics lead to complications of peeling processes. The paper deals with the phenomenological analysis concerning the estimation of the parameters of influence on the interrelationship between force actions, their direction and the humidity of nuts on the values of deformations and their consequences for the destruction of shells and the release of fetal nuclei. Among the parameters of influence are an additional parameter — the rate of deformation, the results of determining the potential energy deformation of the shells of nuts and the power of deformation and energy influences are presented. The results of the research are represented by the relationships between the parameters of experiments based on the effects of humidity, loading speed and orientation of nuts relative to the direction of force.

It has been shown that the highest values of force, energy and power required for the breakdown of walnut, occur when the force is applied to the shell length, and, similarly, the smallest of these values occur when the load force is directed in width or in the walnut, and a specific deformation of the shell of the walnut grows with increasing loading speed, regardless of the humidity and the direction of loading. In addition, the specific deformation will increase with increased humidity (up to 21%), but the effect does not occur for further changes at higher levels.

It has been determined that increasing the loading speed increases the required energy of the fault and power and simultaneously reduces the power of split. In addition, at higher load rates (about 500 mm/min), specific deformation will also increase, which means greater flexibility of the shell of walnut. Flexible shell protects the core from destruction.

ПРОЦЕСИ ЛУЩЕННЯ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ

А. І. Українець, О. В. Негрей

Національний університет харчових технологій

Плоди волоських горіхів мають різні геометричні параметри, форму, товщину оболонки. Ці відхилення, поруч із сортовими особливостями, призводять до ускладнень процесів лущення. У статті здійснено феноменологічний аналіз, який стосується оцінок параметрів впливу на взаємозв'язки між силовими діями, їх спрямуванням і вологістю горіхів на величини деформацій та їх наслідків щодо руйнування оболонок і звільнення ядер плодів. До числа параметрів впливу віднесено додатковий параметр — швидкість здійснення деформації, представлено результати визначення потенціальної енергії деформації оболонок горіхів і потужності деформаційних та енергетичних впливів. Результати досліджень представлені співвідношеннями між параметрами експериментів на основі впливів вологості, швидкості навантаження та орієнтації горіхів відносно напрямку силової дії.

Показано, що найвищі значення сили, енергії та потужності, необхідні для розлому волоського горіха, виникають, коли сила прикладається по довжині оболонки і, аналогічно, найменші з цих значень мають місце, коли навантажувальна сила спрямована по ширині або по шву горіха, а специфічна деформація оболонки волоського горіха зростає при збільшенні швидкості навантаження незалежно від вологості та напрямку навантаження. Крім того, специфічна деформація збільшиться при підвищеній вологості (до 21%), але за подальших змін на більш високих рівнях ефект не відбувається.

Визначено, що збільшення швидкості навантаження збільшує необхідну енергію розлому і потужність та одночасно знижує силу розколу. При більш високих швидкостях навантаження (близько 500 мм/хв) специфічна деформація також збільшиться, що означає більшу гнучкість оболонки волоського горіха. Гнучка оболонка захищає ядро від руйнування.

Ключові слова: волоські горіхи, лущення, оболонка, швидкість деформації, вологість, орієнтація, силова дія.

Постановка проблеми. Лущення горіхів — це руйнування зовнішніх твердих оболонок і відокремлення ядер від їх залишків. При цьому в інтересах реалізації продукції найвищою цінністю є максимальна цілісність ядра, однак досягнення цього часто є проблематичним у зв'язку з наявністю певних механічних зв'язків внутрішніх перетинок з оболонкою. В результаті використання машинних технологій руйнування оболонки має місце uszkodження ядра подекуди в широкому діапазоні [3; 4]. У зв'язку з цим відокремлення ядра волоського горіха від оболонки є надзвичайно відповідальним і витратним завданням, яке у більшості випадків виконується в режимі ручної праці. Вказана ситуація є наслідком збігу об'єктивних особливостей, пов'язаних з властивостями горіхів різних сортів, їх розмірів і форми, товщиною і механічними властивостями оболонки, різними співвідношеннями між зов-

нішніми зусиллями, деформаціями, об'ємними напруженнями в оболонці, характером формування тріщин [13]. Лущення горіха також ускладнюється змінною геометрією оболонки як одного об'єкта, так і масиву та неізотропними механічними властивостями матеріалу оболонки.

Проте навіть для простих класичних умов навантажень теорія опору матеріалів оперує щонайменше п'ятьма теоріями міцності [13]. До них відносяться теорія найбільших нормальних напружень, найбільших відносних деформацій, найбільших дотичних напружень, енергетична теорія міцності тощо. За названих особливостей і ускладнень дослідники умов лущення змушені переходити до спеціальних заходів при визначенні умов міцності горіхових оболонок.

Феноменологічні узагальнення привели автори розробки [2], які звернули увагу на необхідність урахування швидкості стискання горіха, напрямку силової дії, розподілу останньої. При цьому можливими для контролю були силова дія, абсолютна деформація в напрямку силової дії, швидкість деформації, енергетичні витрати.

Дослідження виконувалися за значень вологості 9, 21 і 27%, швидкості — 50, 200 і 500 мм/хв і при трьох основних напрямках стискання — по довжині (X), ширині (Y) і по шву (Z). В результаті встановлено, що найбільшим значенням сили, енергії і потужності, необхідних для руйнування оболонки, відповідає випадок стискання по довжині, а найменшим — стискання по напрямках Z та Y . Помічено, що специфічна деформація оболонки збільшилася зі збільшенням швидкодії силового параметра за різних значень вологості і напрямку деформації. Остання порівняно збільшувалася за вологості 21%, але це збільшення не відбувалося при 27%. Проте значення деформації виявилися незалежними з їх напрямків. Збільшення навантаження за швидкості до 500 мм/хв приводило до збільшення специфічної деформації, що вказувало на зменшення жорсткості, в якому автори вбачали перспективу обмежень руйнувань ядер горіхів.

Відсутність технологічних розробок і надійного обладнання для лущення горіхів залишає розповсюдженою ручну працю [2].

Koynucu et al. (2004) [7] визначили впливи положення стиснення, середнього геометричного діаметра та товщини оболонки волоського горіха на силу, специфічну деформацію й енергію, необхідну для досягнення руйнування горіхової оболонки та вилучення ядра оптимальної якості. Вони виявили, що розтріскування горіхів в напрямку довжини вимагало меншої сили і давало кращу якість вилучення ядра.

Oloso і Clarke (1993) [10] провели квазістатичні стиснювальні випробування на обсмажених горіхах кеш'ю для дослідження впливу вологовмісткості попередньо пошкодженого зразка і напрямку навантаження розривної сили, енергії розлому та деформації розлому. Деформація розлому та енергія розлому зростають, а розривна сила зменшується зі збільшенням вмісту вологи.

Liu et al. (1999) [8] досліджували процес руйнування оболонки макардамії теоретично і чисельно та виявили, що вертикальна орієнтація була корисною для розтріскування оболонок горіхів, тоді як горизонтальна орієнтація мало корисна, якщо це тривало невеликий проміжок часу.

Braga et al. (1999) [3] досліджували силу стиснення, специфічну деформацію та енергію, необхідні для початкового розлому оболонки макадамії, як функції вологості, розмірів горіха та орієнтації стиснувального навантаження. Експерименти показали, що при цьому значення сили, специфічної деформації та енергії є мінімальними, незалежно від розмірів горіха та вологості оболонки.

Khazaei et al. (2002) [6] вивчали вплив швидкості навантаження, розмірів горіха та напрямку навантаження на силу, поглинуту енергію та необхідну потужність для лушення горіхів мигдалю за допомогою тестової машини Instron. Діапазон сили розриву, поглиненої енергії і необхідної потужності становив 139...1526 Н, 70...2093 мДж і 0,015...5,121 Вт відповідно. Швидкість навантаження мала значний вплив на силу розтріскування і необхідну потужність.

Güner et al. (2003) [5] вивчали вплив вологовмісткості, вибору осі навантаження та різноманітності сортів фундука на специфічну деформацію, силу розлому та енергію розлому, необхідну для досягнення початкового розлому при навантаженні. Вони виявили, що специфічна деформація та енергія розлому оболонки збільшуються зі збільшенням вмісту води, а сила розлому зменшується за стиснення по довжині та ширині плодів.

З огляду літературних джерел та з урахуванням положень теорії опору матеріалів і особливостей організації процесів лушення горіхів та інших плодів випливає висновок про існування, по-перше, залежності між навантаженнями об'єктів дослідження та їх деформаціями і, по-друге, критичної деформації, після якої починається руйнування оболонок. У загальній теорії такі висновки відповідають закону Гука, за яким існує відповідність між силовими діями і деформаціями. Разом з тим між силовими навантаженнями, деформаціями та енергетичними витратами існують залежності, які через швидкості здійснення деформацій призводять до оцінки потужностей. Очевидно, що організація деформацій і руйнувань в часі може бути різною, у зв'язку з чим рівень динамічних проявів може бути меншим або більшим. Однак з точки зору інтересів досягнення високої продуктивності технологічних машин оцінка систем і процесів є важливою. Отже, в подібній системі взаємодій факторами впливу виступають вологовміст горіха, швидкість навантаження об'єктів, їх орієнтація відносно напрямку силової дії та величина цієї сили. Роль функції відгуку належить деформації об'єкта, а енергія деформації і потужність виступають у ролі синергетиків силової дії і деформації.

Мета дослідження: оцінка впливів вологовмісту, швидкості навантаження і орієнтації горіха відносно напрямку силових дій на величину деформації, потенціальну енергію деформації і потужність, які відповідають початковим руйнуванням оболонок.

Матеріали і методи. В дослідженні використані горіхи з середнім геометричним діаметром 31...32 мм зі значеннями вмісту води 9, 21 і 27%. Вміст води визначався за рекомендаціями публікації [3]. Дослідження виконувалися на тестовій машині Instron з продовженням навантажень до руйнування оболонок при швидкостях деформацій 50, 200 і 500 мм/хв.

Реакція волоських горіхів мала місце в межах максимальної сили, необхідної для руйнування оболонок, специфічної деформації плодів, поглиненої енергії та потужності, необхідної для розлому. Значення сили розлому, по-

глиненої енергії, необхідної потужності та специфічної деформації були одержані з кожної кривої стиснення, отриманої на тестовій машині Instron. Поглинену енергію, як показано на рис. 1, визначали безпосередньо шляхом вимірювання площі під кривою сили деформації. Вимірювання проводили, застосовуючи цифровий планіметр з точністю $\pm 0,2\%$ [5].

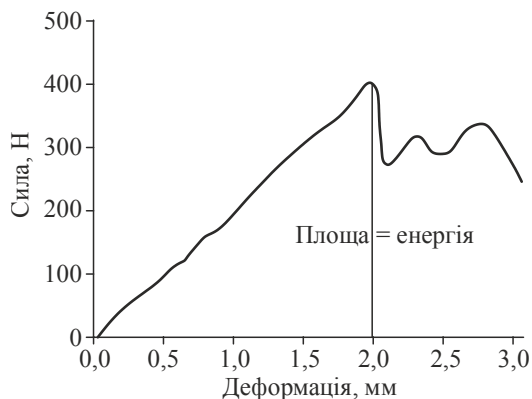


Рис. 1. Діаграма для визначення потенціальної енергії деформації оболонок горіхів

Значення відносної деформації визначалися залежністю:

$$\varepsilon = \frac{L_{(п)} - L_{(к)}}{L_{(п)}}, \quad (1)$$

де $L_{(п)}$ і $L_{(к)}$ — початковий і кінцевий розміри деформованого елемента в системі вимірів.

Значення потужностей розраховувалися залежністю:

$$P = \frac{EV}{60000\Delta\ell}, \text{ Вт}, \quad (2)$$

де E — потенціальна енергія деформації, мДж; V — швидкість навантаження, мм/хв.; $\Delta\ell$ — деформація елемента на початок руйнування оболонки, мм.

Система координат X , Y і Z (рис. 2) відображує три напрямки стискання.

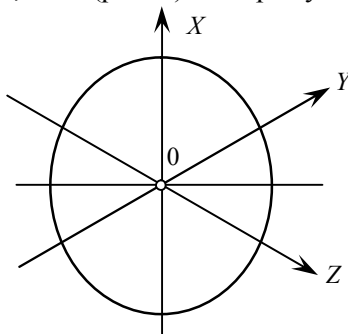


Рис. 2. Схематичне зображення осей горіха, які використовуються для орієнтування напрямків силових дій

Середній геометричний діаметр горіхів обчислювався рівнянням:

$$d_m = \sqrt[3]{LWT} \text{ , мм,} \quad (3)$$

де L , W і T — відповідно, довжина, ширина і товщина шва, мм.

Для кожного тесту було виконано чотири повторення. Тому в цьому дослідженні 108 горіхів були введені в машину Instron. Для трьох напрямків навантаження, трьох навантажувальних швидкостей і трьох значень вмісту вологи для експериментів було обрано повністю рандомізовану блокову конструкцію (факторну схему). Крім того, для того, щоб показати співвідношення між параметрами експерименту, дані групувалися на основі вмісту вологи, швидкості навантаження та напрямку навантаження.

Результати дослідження. Вплив швидкості навантаження та вологості на вимірювані параметри: сила руйнування, специфічна деформація, енергія та потужність, необхідні для розлому оболонки горіха, залежали від вологості та швидкості навантаження (таблиця, рис. 3).

Зі збільшенням швидкості навантаження сила руйнування знижувалася при 9 % вологості, тоді як при 21 і 27 % — збільшувалася спочатку, але зменшувалася з подальшим збільшенням швидкості навантаження (рис. 3а).

Таблиця. Порівняння середніх значень механічних властивостей волоського горіха, на які впливає напрямок навантаження, швидкість навантаження та вміст вологи

Параметр	Напрямок навантаження			Швидкість навантаження (мм/хв)			Вміст вологи, К		
	D _X	D _Y	D _Z	50	200	500	9	21	27
Сила розлому, Н	499,20 a	424,70 b	270,40 c	399,40 ab	428,10 a	366,90 b	388,90 a	424,40 a	381,10 a
Специфічна деформація, мм/мм	0,05 a	0,06 a	0,06 a	0,03 c	0,05 b	0,08 a	0,05 b	0,06 a	0,06 a
Енергія розлому, мДж	534,90 a	383,10 b	318,90 b	251,2 b	459,00 a	526,60 a	303,70 b	484,00 a	449,20 a
Потужність розлому (Вт)	1,01 a	0,8 5b	0,70 c	0,19 c	0,81 b	1,57 a	0,72 b	0,95 a	0,89 a

Примітка: значення, передані різними літерами, суттєво відрізняються ($\alpha = 0,05$).

Найбільша сила (797 Н) була зареєстрована при 21 % вологості і 200 мм/хв швидкості навантаження в напрямку X (не показано на рис. 3а). Дисперсійний аналіз показав відсутність суттєвих відмінностей між трьома рівнями вологості. Специфічна деформація лінійно залежить від швидкості навантаження при всіх трьох показниках вологості. Питома деформація також зростала при збільшенні рівня вологості; однак порівняння середніх значень показало, що це збільшення не було значним між двома більш високими рівнями вологості (рис. 3б, табл. 1). Oloso і Clarke [10] стосовно горіхів кеш'ю і Güner et al. [5] стосовно лісового горіха повідомляли про подібні результати.

Необхідна енергія для руйнування оболонки волоського горіха збільшувалася з підвищенням швидкості навантаження до 200 мм/хв, але при подаль-

шому збільшенні ця зміна була незначною (рис. 3в). Вміст вологи оболонки суттєво вплинув на енергію розколу, що відповідає висновкам Altuntaşand Yıldız [1] для квасолі. Однак у нашому експерименті при рівнях вологості вище 21% цей ефект був незначним. Подібно до необхідної сили руйнування тут знову потрібна найбільша необхідна енергія — 952 мДж при 21% вмісту вологи, 200 мм/хв швидкості навантаження і в напрямку дії сили X .

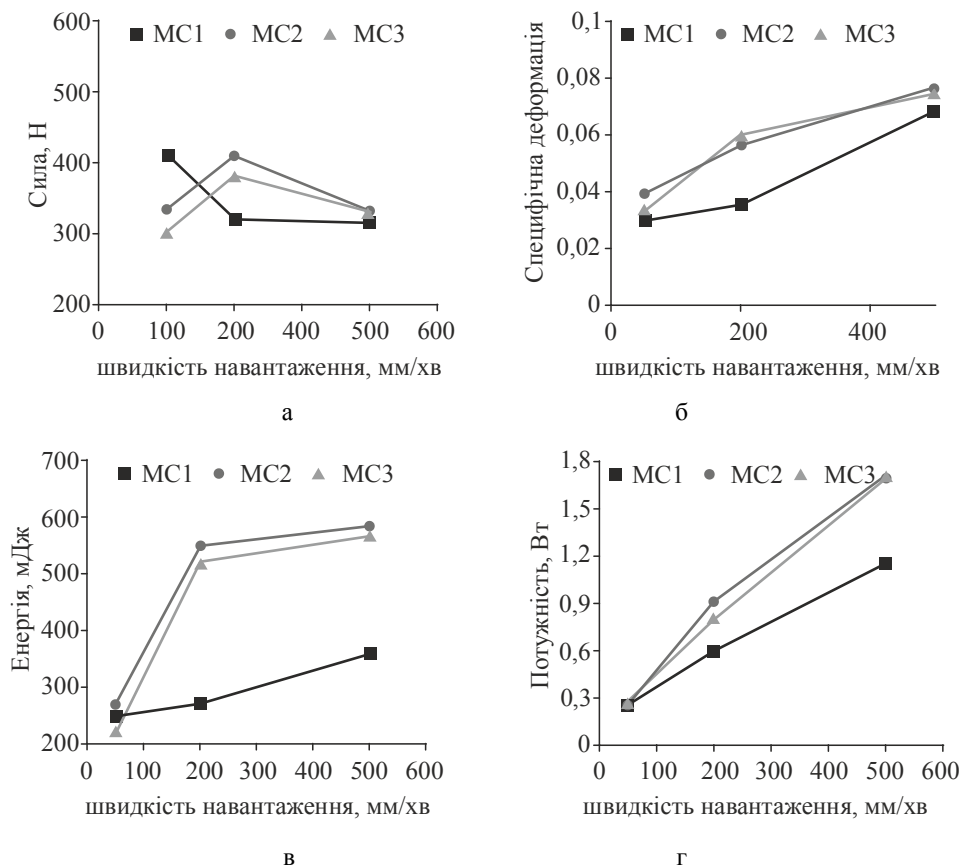


Рис. 3. Вплив швидкості навантаження на вимірювану силу руйнування (а), специфічну деформацію (б), енергію (в) і потужність (г) при 9 (MC1), 21(MC2) і 27% (MC3) вологості

На рис. 3г показано, що необхідна потужність для руйнування волоського горіха значно зростає при збільшенні швидкості навантаження, незалежно від вологості оболонки. Khazaеi et al. [6] повідомляли про подібні результати для мигдалю. Необхідна потужність також зростала, оскільки вологість збільшувалася до 21%, але не змінилася пізніше. Найбільша потужність (1,94 Вт) була розрахована при 500 мм/хв швидкості навантаження, 21% вмісту вологи при застосуванні сили в напрямку X .

Вплив швидкості навантаження і напрямку навантаження на вимірювані параметри: сила розтріскування, специфічна деформація, енергія та потуж-

ність, необхідні для розлому оболонки волоського горіха, залежали від швидкості навантаження та напрямку навантаження (табл. 1, рис. 4). Dursun [4] також виявив мінімальну силу розлому горіха в напрямку лінії шва, але максимальна сила розлому прикладалася по ширині горіха.

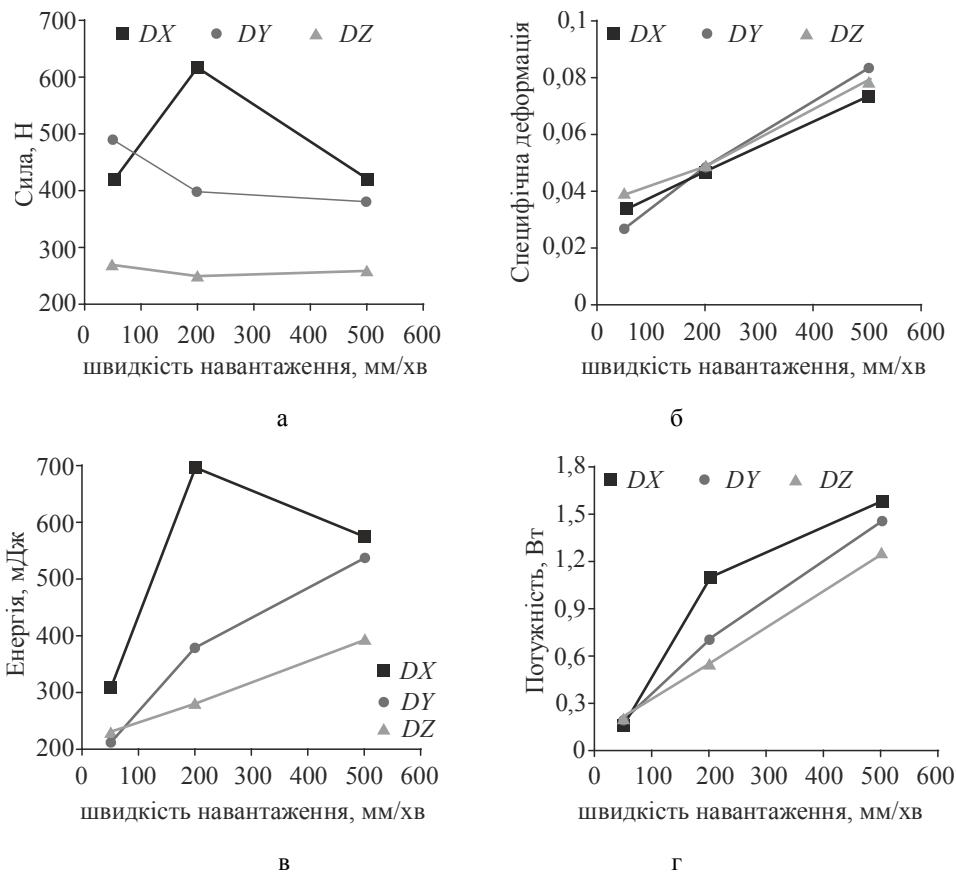


Рис. 4. Вплив швидкості навантаження на вимірювану силу руйнування (а), специфічну деформацію (б), енергію (в) і потужність (г) у трьох різних напрямках навантаження: по довжині (DX), ширині (DY) і у напрямку шва (DZ) волоського горіха

На рис. 4б показано, що специфічна деформація лінійно залежить від швидкості навантаження на всіх трьох напрямках навантаження. Однак навантажувальний напрямок не мав значного впливу на специфічну деформацію волоського горіха. Отримані результати відповідають результатам Коунци et al. [7]. Однак найвища специфічна деформація оболонки волоського горіха перед розломом ($0,1 \text{ мм}^{-1}$) була очевидною при 21% вмісту вологи, 500 мм/хв швидкості навантаження і коли сила застосовувалася в напрямку шовної лінії.

Навантаження в напрямку довжини (DX) вимагало найвищої енергії розлому (рис. 4с), що відповідає результатам Vursavuşand Özgüven [12] для

кісточки абрикоса. Необхідна потужність розлому була найвищою, коли навантаження застосовувалося в напрямку довжини і зменшувалося шляхом зміни напрямку навантаження у напрямки Y і Z відповідно (рис. 4г).

Висновки

У результаті феноменологічних та експериментальних досліджень можна зробити такі висновки:

1. Найвищі значення сили, енергії та потужності, необхідні для розлому волоського горіха, виникають, коли сила прикладається по довжині оболонки і, аналогічно, найменші з цих значень мають місце, коли навантажувальна сила спрямована по ширині або по шву горіха.

2. Специфічна деформація оболонки волоського горіха зростає при збільшенні швидкості навантаження, незалежно від вологості та напрямку навантаження. Крім того, специфічна деформація збільшиться при підвищеній вологості (до 21%), але за подальших змін на більш високих рівнях ефект не відбувається.

3. Специфічна деформація виявилася однаковою на всіх напрямках навантаження. Це свідчить про те, що немає необхідності контролювати прикладену спрямованість сили на горіх, коли плоди мають однаковий розмір, що значно спрощує конструкцію технологічної машини для лушення.

4. Збільшення швидкості навантаження збільшує необхідну енергію розлому і потужність та одночасно знижує силу розколу. Крім того, при більш високих швидкостях навантаження (близько 500 мм/хв) специфічна деформація також збільшиться, що означає більшу гнучкість оболонки волоського горіха. Гнучка оболонка захищає ядро від руйнування.

5. В інтересах подальшого розвитку технологій лушення горіхів подальший напрямок експериментальних і теоретичних досліджень доцільно поєднати з дослідженнями плоских і об'ємних напружених станів.

Література

1. Altuntas E. and Yildiz M. (2007). Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. *J. Food Eng.*, 78: 174—183.
2. Borghei A. M., Tavakoli T. and Khazaei J. (2000). Design, construction and testing of walnut cracker. *Proceedings of European. Agricultural Engineering Conference*, Warwick University, England.
3. Braga G. C., Hara T., Couto S. M. and Neto J.T.P.A. (1999). Mechanical behavior of macadamia nut under compression loading. *J. Agric. Eng. Res.*, 72: 239—245.
4. Dursun I. G. (1997). Determination of the shelling resistance of some products under the point load. *Proceedings of the International Agricultural Mechanization Conference*. Tokat, Turkey.
5. Güner M., Dursun E. and Dursun I.G. (2003). Mechanical behaviour of hazelnut under compression loading. *Biosyst. Eng.*, 85: 485—491.
6. Khazaei J., Rasekh M. and Borghei A.M. (2002). Physical and mechanical properties of almond and its kernel related to cracking and peeling. *Proceedings of the ASAE Annual International Meeting*, July 28-31, 2002, Chicago, Illinois, USA., pp: 1—1.
7. Koyuncu M. A., Ekinçi K. and Savran E. (2004). Cracking characteristics of walnut. *Biosyst. Eng.*, 87: 305—311.

8. Liu R., Wang C.H. and Bathgate R.G. (1999). Fracture analysis of cracked macadamia nutshells under contact load between two rigid plates. *J. Agric. Eng. Res.*, 74: 243—250.
9. Mohsenin, N.N., 1970. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. 1st Edn., Gordon and Breach Science Publishers, New York, USA.
10. Oloso A.O. and Clarke B. (1993). Some aspects of strength properties of cashew nuts. *J. Agric. Eng. Res.*, 55: 27—43.
11. Statistical Year Book, 2005. Farm and Orchard Products. Vol. 1, Ministry of Jihad Agriculture, Islamic Republic of Iran, Iran.
12. Vursavu K. and Özgüven F. (2004). Mechanical behavior of apricot pit under compression loading. *J. Food Eng.*, 65: 255—261.
13. Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Справочник по сопротивлению материалов. 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Нукова думка, 1988. 736 с.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF FLUID HYDRODYNAMIC FLOW IN VENTURI NOZZLE ON INTENSITY OF CAVITATION

L. Avdeeva, A. Makarenko, E. Zhukotsky

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Key words:

*Hydrodynamic cavitation
Flow cavitation mixers
Venturi nozzle
Number of cavitation
Dispersion systems*

Article history:

Received 16.05.2019
Received in revised form
30.05.2019
Accepted 05.06.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The paper gives an overview of the main effects which accompany the occurrence of cavitation. The features of the flow in hydrodynamic static type cavitators are shown. On the basis of the conducted analysis, it is concluded that the emergence and development of hydrodynamic cavitation is influenced by a number of hydrodynamic factors: the shape of flow limits, flow parameters and critical pressure of cavitation, as well as the properties of the material: the content of air, gas or solid particles, surface tension, viscosity and so on.

Based on experimental data, some hydrodynamic parameters of a liquid flow inside a Venturi nozzle with a diameter of the neck from 0.004 m to 0.016 m were calculated. The dependences of flow rates and flow velocity inside the nozzle on the diameter of the neck of the cavitation reactor are given. The character of the dependence of the values of the numbers Re and the diameter of the nozzle neck is analyzed. It is shown that the design of the apparatus and the form of the reactor effect on the occurrence and development of cavitation effects. To characterize the cavitation phenomenon in this reactor, the value of the number of cavitation (χ) was used.

In the result of the research revealed significant differences in the hydrodynamic conditions of the occurrence and development of cavitation in the flow, depending on the change of the diameter of the nozzle neck. The smallest values of cavitation numbers ($\chi < 1$) were obtained for nozzles with a diameter of 0.004 m and 0.006 m, which indicates a high degree of hydrodynamic cavitation and a significant intensity of influence. In this case, the flow is characterized by low costs and increasing the duration of processing a certain volume, which reduces productivity and increases the energy consumption of the process. An increase of the diameter of the nozzle neck to 0.008 m or more results a gradual increase of the number of cavitation and a reduction of the intensity of the effect of cavitation effects as a result of cavitation processing. The obtained results will be used to determine the rational modes of cavitation processing of specific disperse systems.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-18

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОДИНАМІКИ ПОТОКУ РІДИНИ В СОПЛІ ВЕНТУРИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ВИНИКНЕННЯ КАВІТАЦІЇ

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

Інститут технічної теплофізики НАН України

У статті проведено огляд основних ефектів, які супроводжують виникнення кавітації. Показано особливості руху потоку в гідродинамічних кавітаторах статичного типу. На основі проведеного теоретичного аналізу зроблено висновок про те, що на виникнення і розвиток гідродинамічної кавітації мають вплив ряд гідродинамічних факторів: форма меж течії, параметри течії і критичний тиск $P_{\text{кав}}$, а також властивості матеріалу (вмісту пари, газу або твердих частинок, поверхневий натяг, в'язкість тощо).

На основі експериментальних даних розраховано деякі показники гідродинаміки потоку рідини всередині сопла Вентури з діаметром горловини від 0,004 м до 0,016 м. Наведено залежності витрат розчину та швидкості течії всередині сопла від діаметра горловини кавітаційного реактора. Проаналізовано характер залежності значень чисел Re від діаметра горловини сопла. Показано, що конструкція апарата і форма виконання реактора мають значний вплив на виникнення і розвиток ефектів кавітації. Для характеристики явища кавітації в реакторі використовувались значення числа кавітації (χ).

У результаті досліджень виявлено значні відмінності гідродинамічних умов виникнення і розвитку кавітації в потоці залежно від зміни прохідного діаметра горловини сопла. Найменші значення чисел кавітації ($\chi < 1$) отримано для сопел з діаметром 0,004 м та 0,006 м, що свідчить про високий ступінь розвитку гідродинамічної кавітації і значну інтенсивність впливу. Але за цих умов потік характеризується низькими витратами і зростанням тривалості обробки певного об'єму, що знижує продуктивність і підвищує енерговитрати процесу. Збільшення діаметра горловини сопла до 0,008 м і більше призводить до поступового збільшення числа кавітації та зниження інтенсивності впливу кавітаційних ефектів у результаті обробки. Отримані результати будуть використані для визначення раціональних режимів кавітаційної обробки конкретних дисперсних систем.

Ключові слова: гідродинамічна кавітація, проточні кавітаційні змішувачі, сопло Вентури, число кавітації, дисперсні системи.

Постановка проблеми. Інтенсифікація технологічних процесів пов'язана із впливом на систему різноманітних зовнішніх факторів, які дають змогу змінити в потрібному напрямку стан системи і швидкість перебігу в ній процесів переносу. Одним з ефективних методів інтенсифікації масообмінних і гідромеханічних процесів у різних галузях промисловості є використання кавітаційного впливу при обробці складних дисперсних систем. Кавітація як

явище вивчається вже досить давно, але його фізична сутність вивчена ще недостатньо повно, про що свідчить велика кількість наукових публікацій. Труднощі, пов'язані з визначенням закономірностей перебігу кавітаційних процесів, можна пояснити багатофакторністю впливу її ефектів на оброблювані системи. Незважаючи на це, дослідження пов'язані з використанням кавітації, на сьогодні є дуже актуальними через досягнення можливості проведення інтенсифікації різноманітних тепло- і масообмінних процесів у складних гетерогенних середовищах і розроблення сучасних енергоефективних технологій [1—3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проточні гідродинамічні кавітаційні апарати — це ефективне обладнання нового покоління для розчинення, змішування, диспергування, емульгування і гомогенізації в дисперсних системах типу «рідина-рідина» або «рідина-тверда речовина». Використання гідродинамічної кавітації в обладнанні цього типу дає змогу інтенсифікувати і прискорювати технологічні процеси в рідких середовищах, при цьому значно зменшуючи витрати енергії. Ефективність кавітаційних апаратів пов'язана з виникненням супутніх до кавітації ефектів, таких як ударні хвилі, кумуляція, автоколивання, вібротурбулізація, дифузія і теплообмін, які виникають при утворенні, зростанні і колапсі бульбашок. Колапс бульбашок супроводжується значним ударним впливом, а також хімічними змінами і слабким радіоактивним випромінюванням. При схлопуванні парогазова суміш, що міститься в бульбашці, стискається до тиску 10^5 Па (300 атм) і нагрівається до температур порядку декілька тисяч градусів (8000...12000 К), виникають імпульси тиску, які можуть досягати 10^3 МПа. Високі ударні імпульси при значній концентрації бульбашок в об'ємі робочої зони кавітаційного апарата сприяють тому, що питома потужність, яка підводиться до одиниці об'єму оброблюваного середовища, становить 10^4 ... 10^5 кВт/м³. Це на декілька порядків вище за питому потужність, що виділяється при обробці технологічних середовищ в ультразвукових апаратах. Весь процес виникнення, зростання і схлопування бульбашок відбувається протягом декількох мілісекунд [1; 2; 4; 5].

Високий тиск і температура всередині бульбашок призводить до розпаду молекул води і утворення радикалів з високою хімічною активністю. Відомо, що при 2000 К близько 0,01% молекул H₂O усередині бульбашки дисоціюють на вільні радикали (термоліз кавітації): водневі (H⁺) і гідроксильні (OH⁻). Ці радикали можуть рекомбінувати з утворенням електронно-збуджених станів молекул води. Під час переходу молекул води з електронно-збудженого стану в стан спокою в об'ємі води висвічується квант світла, тобто відбувається сонолюмінісценція — явище виникнення спалаху світла при схлопуванні кавітаційних пухирців. Крім того, різкий колапс кавітаційних бульбашок призводить до утворення гідравлічних ударів і, як наслідок, до створення хвилі стиснення і розтягування в рідині з ультразвуковою частотою. В результаті, створюються умови для перебігу гідромеханічних, фізичних і хімічних процесів, які при звичайних умовах здійснити важко або неможливо [3; 6; 7; 8].

Основою великої кількості відомих проточних гідродинамічних кавітаційних апаратів статичного типу є сопла Вентурі. Кавітаційний реактор таких

апаратів являє собою послідовно поєднані між собою конфузори, проточну камеру і дифузори. Конструкція апарата і форма виконання реактора впливають на величину тиску в робочій камері, виникнення і розвиток ефектів кавітації і, таким чином, на ефективність обробки. При проходженні рідини через кавітаційний реактор у потоці рідини виникають вихроутворення, відривні течії і кавітація. Ці ефекти впливають на частки фази гетерогенної системи, сприяють їхньому інтенсивному подрібненню і гомогенізації. Раптове звуження каналу викликає, зазвичай, меншу втрату енергії, ніж раптове розширення при однакових площах поперечних перерізів каналу. Втрата енергії в цьому випадку обумовлена тертям на вході у вузьку частину каналу і втратами на утворення вихорів, викликане тим, що потік на кордоні входу в циліндричну частину каналу зривається з неї і звужується, а кільцевий простір навколо звуженої частини потоку заповнюється малорухомою рідиною із завихреннями. При раптовому розширенні каналу втрати енергії пов'язані із вихроутворенням і відривом потоку від стінок, тобто на підтримку безперервного обертального руху рідких мас і постійний їх обмін [6; 7; 9; 10].

Якщо площа поперечного перерізу періодично змінюється і втрати енергії на тертя незначні, тоді в конфузійній частині каналу відбувається перетворення потенційної енергії в кінетичну, а в дифузійній — навпаки. При відсутності втрат напору на тертя перетворення енергії обернені і сумарна механічна енергія залишається незмінною. При проходженні рідини каналом відносна швидкість буде періодично змінюватися за величиною і напрямком. Динамічний вплив на частинку можливий за умови прискореного руху потоку рідини $g_c = dv/dt \neq 0$, враховуючи, що $g_c = dv/dt = \partial v/\partial t + v \cdot dv/dx$ силова дія на дисперсію з боку рідини можлива як завдяки прискоренню або гальмуванню потоку внаслідок змінення з часом об'ємної витрати рідини через канал $G_V = vS$, так і при різкій зміні площі поперечного перерізу каналу dS/dx . Під впливом сили гідродинамічної взаємодії частинок дисперсної фази з рідиною відбувається корисна робота, пов'язана з деформуванням або руйнуванням дисперсних часток [3; 10; 11].

Через те, що в конкретних дискретних зонах навкруги кожної частинки відбувається корисна робота, процес трансформації механічної енергії вже не можна вважати оберненим. Чим швидше відбувається перетворення кінетичної енергії в потенційну, тобто чим вище значення прискорення $dv/dt = v \cdot \partial v/\partial x$, тим більша частина енергії потоку іде на виконання корисної роботи з деформації і руйнування частинки [3; 8; 11].

У реальних проточних кавітаційних апаратах непродуктивні витрати енергії можна зменшити, якщо поверхні стінок каналу зробити гладкими, а профілі конфузійної і дифузійної частини оптимальними для досягнення найменших втрат напору потоку. Тож для оптимальних умов виникнення ефектів кавітації велике значення надається вибору геометричних параметрів конструкції реактора [7; 11; 12].

Мета досліджень: вивчення закономірностей зміни гідродинаміки потоку рідини в соплі Вентурі з різними діаметрами горловини.

Викладення основних результатів дослідження. Основними факторами, що впливають на виникнення і подальший розвиток кавітації в потоках рідини, є форма меж течії, параметри течії (абсолютний тиск і швидкість) і критичний тиск $p_{кр}$, при якому можуть утворюватися бульбашки або виникати каверни. Однак, крім цього, на розвиток кавітації можуть істотно впливати й інші фактори, до яких відносяться властивості рідини (наприклад, в'язкість, поверхневий натяг, параметри, що характеризують випаровування), будь-які тверді або газоподібні домішки, що можуть бути зваженими або розчиненими в рідині, і стан граничних поверхонь, включаючи їх чистоту і тріщини, в яких можуть знаходитися нерозчинені гази [3; 11; 12].

Для проведення експериментальних досліджень були використані сопла Вентурі з такими геометричними параметрами: кут розкриття конфузора 90° , довжина горловини сопла 0,02 м, кут розкриття дифузора 120° . Діаметр горловини сопла в кавітаційних реакторах змінювався від 0,004 м до 0,016 м. Як дисперсійне середовище використовувалась водопровідна вода з початковою температурою $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Витрати розчину та тиск визначалися експериментальним методом дослідження. Швидкість всередині сопла, число Рейнольдса та число кавітації визначалось аналітичним методом.

Експериментальні результати досліджень деяких показників, що характеризують гідродинаміку потоку рідини усередині сопла, наведені на рис. 1.

Отримані для цього типу кавітаційного реактора результати (рис. 1) свідчать, що зі збільшенням діаметра сопла витрати розчину, відповідно, збільшуються (рис. 1а). Причому спостерігається майже пропорційна залежність між значеннями діаметра і витратами. Швидкість потоку в соплі зменшується (рис. 1б), що можна пояснити зменшенням площі місцевого опору у вигляді сопла.

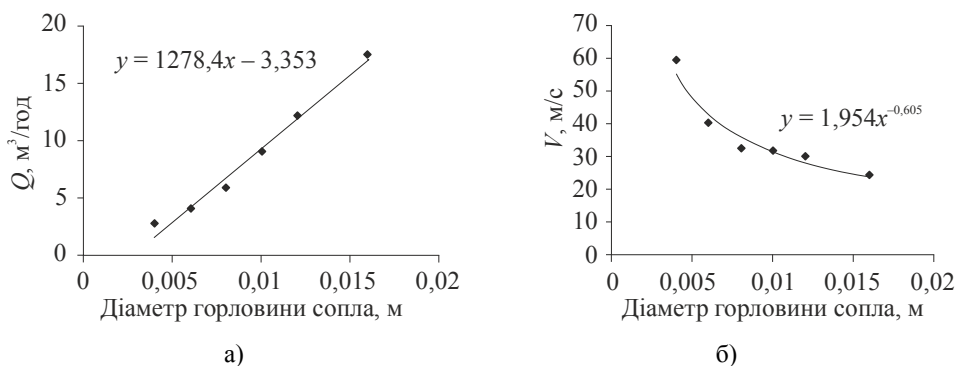


Рис. 1. Залежність витрат розчину а) та швидкості всередині сопла б) від діаметра горловини кавітаційного реактора

Інтенсивність виникнення кавітаційних ефектів залежить від швидкості руху потоку — при зростанні швидкості збільшується розрідження потоку і збільшується різниця тисків при проходженні потоку через сопло, тому явище кавітації характерне для великих швидкостей. Для напірних потоків у

трубах швидкість потоку впливає на характер руху рідини, що визначається числом Рейнольдса (Re). Цей показник описує вплив сил інерції і сил внутрішнього тертя і дає змогу поєднати фактори руху рідини: основні характеристики потоку (діаметр труби, середня швидкість) і характеристики самої рідини (густина, в'язкість). Число Re визначається за формулою (1):

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_{\Gamma}}{\eta} = \frac{v \cdot D_{\Gamma}}{\nu} = \frac{Q \cdot D_{\Gamma}}{v \cdot A}, \quad (1)$$

де ρ — густина середовища, кг/м^3 ; v — характерна швидкість м/с ; D_{Γ} — гідравлічний діаметр, м ; η — динамічна в'язкість середовища, $\text{Па}\cdot\text{с}$; ν — кінематична в'язкість середовища, $\text{м}^2/\text{с}$; Q — об'ємні витрати потоку, $\text{м}^3/\text{с}$; A — площа перерізу каналу, наприклад, труби, м^2 .

Критерій Re використовується для дослідження, розрахунків і моделювання течії рідини [12]. Опосередковано про наявність кавітації в потоці при проходженні через дослідне сопло свідчать високі значення числа Re (рис. 2).

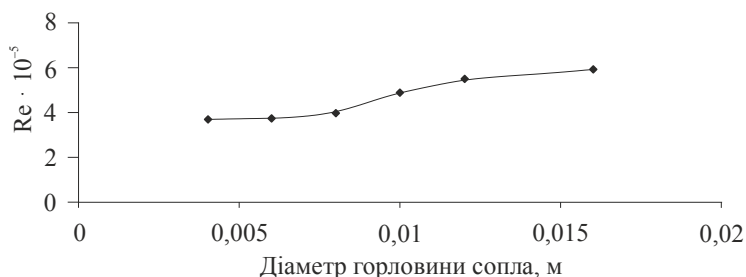


Рис. 2. Залежність числа Re від діаметра горловини сопла кавітаційного реактора

Отримана залежність має нелінійний характер (рис. 2). Як видно з рис. 2, встановлення кавітаційного режиму призводить до поступового збільшення числа Re при збільшенні діаметра горловини сопла від 0,004 м до 0,016 м. Подальше збільшення діаметра горловини призводить до зникнення перепаду тиску на вході і виході з горловини сопла і зникнення кавітаційної течії. Такий режим руху призводить до поступового зниження числа Re . При течії рідини в трубі з діаметром $d = 0,042$ м без використання сопла Вентурі число Рейнольдса має значення $Re = 288036$, що відповідає турбулентному режиму.

Як параметр для характеристики явища кавітації в реакторі і визначення ефективності впливу на потік використовувалось значення числа кавітації (χ). Кавітаційне число розраховували за формулою (2):

$$\chi = \frac{p - p_{\text{кав}}}{1/2 \rho \cdot v^2}, \quad (2)$$

де p — тиск перед соплом, Па ; v — швидкість течії в горловині сопла, м/с ; $p_{\text{кав}}$ — тиск насиченої пари, при якому виникає кавітація, Па ; ρ — густина рідини, кг/м^3 .

Відомо, що при значеннях чисел кавітації $\chi > 2$ кавітаційні ефекти відсутні або незначні, при значеннях χ від 1,0 до 2,0 кавітація має місце, а найбільша

інтенсивність дії кавітаційних ефектів характерна для $\chi < 1$ [3; 11; 12]. Залежність числа χ від діаметра сопла Вентурі наведена на рис. 3.

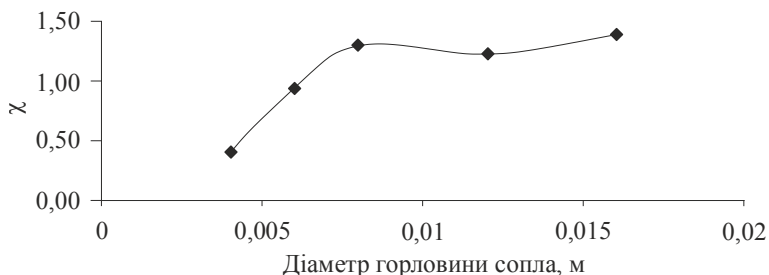


Рис. 3. Залежність числа кавітації від діаметра горловини сопла

Аналіз триманих результатів показав (рис. 3), що зі збільшенням прохідного діаметра горловини сопла Вентурі кавітаційне число збільшується. Використання сопел з горловинами від 0,004 м до 0,008 м призводить до різкого збільшення чисел χ , що свідчить про значні відмінності гідродинамічних умов виникнення і розвитку кавітації. Для сопел з діаметром 0,004 м та 0,006 м отримані найменші значення чисел кавітації, $\chi < 1$. Це свідчить про високий ступінь розвитку гідродинамічної кавітації і високу інтенсивність впливу на дисперсну систему. В цьому випадку, в результаті активної дії кумулятивних мікроструменів утворених кавітаційних пухирців досягається високий ступінь дисперсності дослідної системи. Але потік характеризується дуже низькими витратами розчину (рис. 1а), що значно збільшує тривалість обробки, знижує продуктивність і підвищує енерговитрати процесу. Збільшення діаметра горловини сопла від 0,008 м і більше призводить до поступового збільшення чисел кавітації і становлять $1 < \chi < 2$. Це свідчить про зниження інтенсивності впливу ефектів гідродинамічної кавітації в результаті обробки.

Такі ж висновки були зроблені і при аналізі залежності числа кавітації від числа Re для сопел Вентурі з діаметрами горловини від 0,004 м до 0,016 м.

Проведений аналіз показників гідродинаміки потоку і чисел кавітації, а також результати подальших досліджень фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей дасть змогу визначити раціональні технологічні режими обробки конкретної дисперсної системи.

Висновки

На основі експериментальних даних був проведений розрахунок витрат розчину та швидкості всередині сопла показників гідродинаміки потоку рідини в соплі Вентурі з різними діаметрами горловини при кавітаційному режимі течії. Визначено, що збільшення діаметра сопла з 0,004 м до 0,016 м призводить до збільшення витрат розчину з 2,5 м³/год до 18 м³/год і зменшення швидкості потоку в середині горловини з 54 м/с до 22 м/с. Охарактеризований режим руху рідини за допомогою обрахунку числа Рейнольдса. Обрахунок числа Рейнольдса залежно від діаметра горловини сопла показав, що режим руху рідини знаходиться в турбулентному режимі. Для характеристики явища кавітації в реакторі були використані значення чисел кавітації (χ).

Результати досліджень показали, що найменше число кавітації $\chi = 0,48$ було отримано для сопел з діаметром горловини 0,004 м, що свідчить про високий ступінь розвитку гідродинамічної кавітації і високу інтенсивність впливу на дисперсну систему. Збільшення діаметра горловини сопла призводить до поступового збільшення чисел кавітації.

Література

1. Промтов М. А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов. *Вестник ТГТУ*. 2008. Т. 14, № 4. С. 861—869 с.
2. Braeutigam P., Franke M., Zhi-Lin Wu, Ondruschka B. Role of Different Parameters in the Optimization of Hydrodynamic Cavitation. *Chem. Eng. Technol.* 2010, 33. No. 6. P. 932—940.
3. Вітенько Т. М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах. Тернопіль: ТДТУ ім. І.Пулля, 2009. 220 с.
4. Долинский А. А., Иваницкий Г. К. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. Київ: Наукова думка, 2008. 382 с.
5. Долинский А. А., Иваницкий Г. К. Теоретическое обоснование принципа дискретно-импульсного введения энергии. 2. Исследование поведения ансамбля паровых пузырьков. *Промышленная теплотехника* 1996. Т. 18, № 1. С. 3—20.
6. Федоткин И. М., Гулый И. С. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (теория, расчеты и конструкции кавитационных аппаратов). Часть I. К.: Полиграфкнига, 1997. 838 с.
7. Федоткин И. М., Гулый И. С. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (теоретические основы производства, расчеты и конструкция кавитационных теплогенераторов) Часть II. Киев: АО «ОКО», 2000. 898 с.
8. Долинский А. А., Басок Б. И. Наномасштабные эффекты при дискретно-импульсной трансформации энергии. Микро- и наноразмерные процессы в технологиях ДИВЭ: темат. зб. статей / под общ. ред. А. А. Долинского; Институт технической теплофизики НАН Украины. Академперіодика, 2015. 464 с.
9. S. Brinkhorsta, E. von Lavantea, G. Wendt Experimental and numerical investigation of the cavitation-induced choked flow in a herschel venturi-tube. *Flow Measurement and Instrumentation*. 2017. Vol 54. P. 56—67.
10. Jitendra Carpenter, Suja George, Virendra Kumar Saharan Low pressure hydrodynamic cavitating device for producing highly stable oil in water emulsion: Effect of geometry and cavitation number *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 2017. Vol. 116. P. 97—104.
11. Mingda Li Adrien, Bussonnière Matthew Bronson, Zhenghe Xu, Qingxia Liu. Study of Venturi tube geometry on the hydrodynamic cavitation for the generation of microbubbles. *Minerals Engineering*. V. 132, 2019, P. 268—274.
12. Mossaz S., Colombet D., Ayela F. Hydrodynamic cavitation of binary liquid mixtures in laminar and turbulent flow regimes. *Experimental Thermal and Fluid Science*. V. 80, 2017, P. 337—347.

ENERGY IMPULSE TRANSFORMATIONS IN FOOD PRODUCTION MEDIA

A. Sokolenko, O. Shevchenko, I. Vinnichenko, I. Maksymenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Impulse influence
Thermodynamic
equilibrium
Energy transformations
Steam generation
Food production*

Article history:

Received 15.05.2019
Received in revised form
06.06.2019
Accepted 24.06.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The paper presents the results of research on energy-impulse transformations in food processing media and the possibilities of evaluating and using the internal potentials of the media in the form of thermal energy and dissolved gas potentials. It is shown that the mechanism of generation of energy impulse influences is the transfer of liquids, a liquid vapor or gas-liquid media to thermodynamic equilibrium states with a rapid decrease in pressure. Since the existence of media in metastable states is prohibited by physical laws, the reaction of such systems to pressure reduction is the transition to new equilibrium conditions with reduced energy potentials. Such transformations correspond to the laws of thermodynamics, the principle of Le Chatelier, and the law of the most probable state, and are accompanied by limitations of energy potentials due to the generation of the vapor phase, or the steam and gas phases, or the gas phase. The conditions of phase transitions with the corresponding mathematical formalizations are determined, and the physical basis of phase transitions is used for the development of methods for processing media with vegetable, fruit and berry structures. The possibility of achieving a boiling mode of their liquid fractions for vacuuming under reduced initial temperatures led to the technology of cold pasteurization, which was supplemented with manifestations of osmotic pressure by the introduction of estimated amounts of sugars. It is shown that the combination of these two factors of influence is accompanied by counterflow of diffusion and the effects of prolonged storage of the resulting juices, beverages, berry structures up to 10-12 months and more.

The possibility of active and simultaneously “delicate” mixing of fermented dough and dough billets due to variable pressures in sealed fermentation machines is determined.

It is shown that changes in the pressure in the ingenious gas phases in the apparatus of anaerobic digestion lead to the possibility of creating their saturation and desaturation modes in their liquid phases in order to increase the marginal accumulation of ethyl alcohol.

ЕНЕРГОІМПУЛЬСНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ В СЕРЕДОВИЩАХ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

О. Ю. Шевченко, А. І. Соколенко, І. М. Вінніченко, І. Ф. Максименко
Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень, що стосуються енергоімпульсних трансформацій у середовищах харчових виробництв і можливостей оцінки та використання внутрішніх потенціалів середовищ у формі теплової енергії і потенціалів розчинених газів. Показано, що засобом генерування енергетичних імпульсних впливів є переведення рідинних, парорідинних або газорідинних середовищ до станів термодинамічної нерівноваги швидкоплинним зниженням тисків. Оскільки існування середовищ у метастабільних станах заборонено фізичними законами, то реакцією таких систем на зниження тисків є перехід до нових умов рівноваги зі зменшеними енергетичними потенціалами. Такі трансформації відповідають закономірностям термодинаміки, принципу Ле Шательє і закону найбільш імовірного стану та супроводжуються обмеженнями енергетичних потенціалів за рахунок генерування парової фази або парової і газової фаз, або газової фази. Визначено умови фазових переходів з відповідними математичними формалізаціями, а фізичне підґрунтя фазових переходів використано для розробки способів обробки середовищ з овочевими, фруктовими та ягідними структурами. Можливість досягнення режимів кипіння їхніх рідинних фракцій при вакуумування за умов обмежених початкових температур привела до технології холодної пастеризації, яка доповнена проявами осмотичних тисків введенням розрахункових кількостей цукрів. Показано, що сполучення цих двох факторів впливу супроводжується зустрічними потоками дифузії й ефектами подовженого зберігання одержаних соків, напоїв, ягідних структур до 10-12 місяців і більше.

Визначена можливість активного й одночасно «делікатного» перемішування зброджуваного тіста і тістових заготовок за рахунок змінних тисків у герметичних бродильних апаратах.

Показано, що зміни тисків у надрідинних газових фазах в апаратах анаеробного зброджування дають змогу створити в їхніх рідинних фазах режими сатурації і десатурації для підвищення граничних накопичень етилового спирту.

Ключові слова: імпульсний вплив, термодинамічна нерівновага, енергетичні трансформації, генерування парової фази, харчові виробництва.

Постановка проблеми. Переважно більшість харчових технологій можливо розглядати як сукупність енергоматеріальних трансформацій, що відбуваються у формі самопливних або примусово здійснюваних процесів. Кожен з них своєю основою має енергетичне підґрунтя, що стосується законів збереження і перетворень хімічної, теплової, механічної, електромагнітної та інших видів енергії [1—3]. При цьому величини енергетичних потенціалів визна-

чають інтенсивність перебігу вказаних процесів та їх інтенсивність на рівнях усталених і перехідних режимів. Відповідно до останніх перехідними вважаємо процеси, що характеризуються змінними параметрами будь-якої системи, до яких відносяться масові, геометричні, кінематичні, термодинамічні тощо. До числа найбільш інтенсивних за перебігом відносяться процеси, пов'язані з фазовими переходами пароутворення, конденсації, виділення розчиненої газової фази, кавітаційного колапсу диспергованої парової або газової фази тощо [4, 5].

В основі всіх названих процесів і явищ лежить термодинамічне співвідношення параметрів тиску і температури, оскільки фазовий перехід утворення парової фази води досягається в широкому діапазоні температур у межах $0 < t < 100^{\circ}\text{C}$ саме за рахунок змін тисків. Для газорідинних середовищ сполучення температури і тиску відповідно до закону Генрі також дає змогу отримати різні рівні концентрацій розчиненого CO_2 .

Оскільки технічні умови різкого зниження тиску в паро- або газорідинних системах є цілком досяжними, то це означає можливість їх швидкопливного переведення до термодинамічно незрівноважених станів. Однак фізичні закони забороняють існування середовищ у таких умовах, що забезпечує інтенсивний перехід до нових станів рівноваги, які відповідають новому значенню тиску. В адиабатних процесах пароутворення або виділення розчинених газів з утворенням диспергованих парогазових фаз у повному об'ємі середовищ відбувається різке зниження енергетичних потенціалів з показниками імпульсних впливів, що на порядок і більше перевищують традиційні впливи на середовища. Названі парогазові переходи стосуються не тільки рідинної фази, а й усіх наявних у ній вологонасичених структур рослинного, тваринного або іншого походження на макро- і мікрорівнях. Якщо названі структури мають замкнуті герметичні оболонки, то швидкоплинне генерування в них парових або газових фаз такі оболонки руйнує, що надзвичайно прискорює такі операції масообміну, екстрагування, подрібнення, сушіння, осмотичних процесів тощо. Такі результати енергоімпульсних впливів визначають доцільність їх технологічного використання [6].

Мета дослідження: оцінка перспектив використання енергоімпульсних трансформацій у середовищах харчових виробництв для інтенсифікації і результативності масообмінних процесів.

Матеріали і методи. Використано феноменологічні узагальнення щодо особливостей перебігу перехідних процесів, створюваних на основі термодинамічно незрівноважених станів, що знайшли своє відображення в патентно-захисених способах обробки середовищ.

Викладення основних результатів дослідження. В наведеному описі перебігу інтенсивного імпульсного перехідного процесу є узагальнення, яке стосується сучасної назви дискретно-імпульсних технологій (ДІТ). Очевидно, що наявність первинного енергетичного потенціалу в середовищі повинна забезпечуватись на відповідному етапі. В тепловій схемі це етап нагрівання з підвищенням тиску або без останнього, якщо переведення середовища на наступному етапі здійснюється за рахунок вакуумування.

У газорідинній системі створення енергетичного потенціалу досягається примусовим розчиненням газової фази. Важливо, що, наприклад, в анаеробних процесах зброджування цукровмісних середовищ насичення на CO_2 відбувається в самопливних процесах.

Один з відомих прикладів використання технологій різкого зменшення тисків (ТРЗТ) має відносно давню історію, яка стосується операцій дегоржажу у виробництві шампанського пляшковим методом. За цією технологією бродіння тиражної суміші відбувається в пляшках і в результаті рівень насичення вина діоксидом вуглецю досягає концентрації 10 г/л за тисків у них близько 0,6...0,7 МПа. Ці два параметри визначають загальний енергетичний потенціал, певна частина якого використовується на здійснення операції дегоржажу в режимі видалення частини виноматеріалу разом з осадом, що утворився в процесі бродіння. Розкорковування пляшки супроводжується швидким переходом продукту у метастабільний стан з відповідними наслідками, які залежать у тому числі і від температури. Цей термодинамічний параметр значною мірою визначає швидкість десорбції газової фази і втрата енергетичного потенціалу характеризується потужністю в кілька кВт. При цьому в рідинній фазі створюються потужні хвилі, що різко активують десорбцію CO_2 .

Аналогічні процеси відбуваються за зброджування пивного суслу в герметичних циліндро-конічних апаратах (ЦКА), герметичних апаратах спиртової промисловості, в технологіях виробництва квасу та первинного виноробства. В усіх названих випадках команда на здійснення імпульсу розгерметизації подається за досягнення в апараті тиску на критичному рівні. Разом з тим очевидно, що регулярність частоти генерування імпульсів може бути детермінованою на користь інтенсифікації масообмінних процесів, сатурації і десатурації середовищ, теплообміну, використання інших енергетичних ресурсів і регулювання осмотичних тисків. Застосування методів ТРЗТ в процесах анаеробного бродіння має здійснюватися з урахуванням подвійного впливу температури, підвищення якої приводить до підвищення тиску і розчинності CO_2 за інших рівних умов і одночасно до зниження розчинності за показником температури. За показниками питомої потужності в імпульсних впливах ТРЗТ наближаються до можливостей НВЧ електромагнітних полів [3].

Оцінюючи названі технології різкої зміни тисків, підкреслимо перспективи їх використання в системах з вакуумуванням для виробництва овочевих, ягідних і фруктових соків, у системах екстрагування речовин з сировини рослинного походження, диспергування, гомогенізації тощо.

Енергетична оцінка потенціалів у процесах дискретно-імпульсних технологій у режимах імпульсних впливів визначається різницею впливу безпосередньо на середовище в режимі адіабатного генерування парової фази. Різниця теплових потенціалів середовища до і після імпульсу за відомих меж зміни тисків визначається залежністю:

$$\Delta Q = cm_{(n)}(t_{(n)} - t_{(к)}), \text{ Дж}, \quad (1)$$

де c — теплоємність середовища, Дж/(кг·К); $m_{(п)}$ — початкова маса середовища, кг; $t_{(п)}$ і $t_{(к)}$ — відповідно, початкова і кінцева температури середовища, К.

Оскільки початкова і кінцева температури в режимах фазових переходів пов'язані з тисками, то отримуємо:

$$t_{(п)} = t_{(п)}(P_{(п)}) \quad \text{і} \quad t_{(к)} = t_{(к)}(P_{(к)}), \quad (2)$$

звідси

$$\Delta Q = cm_{(п)} \left(t_{(п)}(P_{(п)}) - t_{(к)}(P_{(к)}) \right). \quad (3)$$

Тоді за середньої для цього діапазону зміни тисків питомої теплоти пароутворення r кількість генерованої пари складе:

$$\Delta m = \frac{\Delta Q}{r} = \frac{cm_{(п)} \left(t_{(п)}(P_{(п)}) - t_{(к)}(P_{(к)}) \right)}{r}. \quad (4)$$

При цьому з точки зору інтересів ефективності імпульсного впливу на середовище вирішальне значення має час його перебігу, що дає змогу перейти до оцінки середньої потужності енергетичної трансформації:

$$N = \frac{\Delta m}{\tau} = \frac{cm_{(п)} \left(t_{(п)}(P_{(п)}) - t_{(к)}(P_{(к)}) \right)}{r\tau}, \quad \text{Вт}, \quad (5)$$

де τ — середній час перебігу процесу, с.

Записані аналітичні залежності стосуються адиабатних процесів і при цьому залежність у формі $t_{(п)} = t_{(п)}(P_{(п)})$ може не існувати, оскільки певному значенню початкового тиску $P_{(п)}$ відповідає певний діапазон температур, за яких середовище існує без фазових переходів. Однак граничні значення температур середовища в певному фізичному стані від температур залежать. На відміну від цього положення кінцева температура $t_{(к)}$ однозначно пов'язана з кінцевим тиском.

Результатом швидкопливного генерування парової фази в структурах рослинного або тваринного походження є руйнування їхніх клітинних оболонок з важливими наслідками, які стосуються летальних ефектів мікрофлори, екструзійних ефектів, механічних впливів тощо. Важливо, що сучасні технічні можливості знайшли своє відображення в реалізації як дискретних, так і неперервних впливів, що стосуються окремих і неперервних процесів у різних технологіях. Однак використання вакуумних технологій переведення середовищ до термодинамічно незрівноважених станів поки що залишається за межами пильної уваги, незважаючи на значні переваги в технологічних результатах. Одним із напрямків доповнення дискретно-імпульсних технологій є поглиблене насичення рідинних фракцій та інших вологовмістких складових діоксидом вуглецю з подальшим переведенням до термодинамічно

незрівноваженого стану в режимі активної десорбції CO₂. Відомо, що останній залежить від таких параметрів, як об'ємний коефіцієнт масопередачі k_v , плинна концентрація c_τ розчиненого газу та концентрація насичення c_H . У свою чергу, коефіцієнт масопередачі залежить від фізико-хімічних характеристик фаз, поверхні масопередачі, гідродинамічного стану середовища тощо.

Масопередача в режимі десорбції відноситься до процесів першого порядку, оскільки зміни швидкості взаємодій пропорційні концентраціям речовин у першій степені. Нескінченно малій кількості десорбованого діоксиду вуглецю за елементарний час $d\tau$ відповідає умова:

$$-dG = k_v (c_\tau - c_H) d\tau, \quad (6)$$

а кількості CO₂, що десорбує за зміни концентрації від c_τ до c_H , — залежність:

$$G = V (c_\tau - c_H), \quad (7)$$

де V — об'єм біологічного середовища.

Диференціювання останньої умови приводить до виду:

$$dG = V dc. \quad (8)$$

У результаті сполучення умов (6) і (8) можна записати:

$$-Vdc = k_v (c_\tau - c_H) d\tau, \quad (9)$$

або звідси одержуємо:

$$d\tau = -\frac{V}{k_v} \cdot \frac{dc}{c_\tau - c_H}. \quad (10)$$

Інтегруванням останньої умови отримаємо:

$$-\frac{V}{k_v} \ln(c_\tau - c_H) = \tau + A, \quad (11)$$

де стала інтегрування визначається за початкових умов:

$$\tau_{(n)} = 0; \quad c_{\tau(n)} = c_1.$$

Звідси маємо:

$$A = -\frac{V}{k_v} \ln(c_\tau - c_H). \quad (12)$$

Тоді з урахуванням умови (11) одержимо:

$$\tau = \frac{V}{k_v} (\ln(c_1 - c_H) - \ln(c_\tau - c_H)) \quad (13)$$

або в кінцевому варіанті:

$$\tau = \frac{V}{k_v} \ln \frac{c_1 - c_H}{c_\tau - c_H}. \quad (14)$$

Остання умова дає змогу знайти час τ , за який концентрація розчиненого CO_2 змінюється від заданого значення c_1 до заданого плинного значення c_τ . Звідси зміна плинної концентрації становитиме:

$$c_\tau = c_n + (c_1 - c_n) \exp\left(-\frac{k_v \tau}{V}\right). \quad (15)$$

Стосовно об'єму середовища $V = 1$ за відомої залежності $c_\tau = c_\tau(\tau)$ знайдемо об'єм десорбованого CO_2 за нормальних умов:

$$V_\tau = (c_1 - c_n - (c_1 - c_n)) \exp(-k_v \tau) \frac{RT}{P}, \quad (16)$$

де R — універсальна газова стала, Дж/(кг·К); P — кінцевий тиск у системі, Па.

При цьому енергетичний потенціал, що супроводжує десорбцію CO_2 , супроводжується залежністю:

$$E_i = PV_{\tau(i)}, \quad (17)$$

з потужністю процесу:

$$N_i = \frac{E_{(k)}}{\tau_{(k)}} = \frac{PV_{\tau(k)}}{\tau_{(k)}}, \quad (18)$$

де індекс (k) відповідає кінцевим параметрам.

Наведений теоретичний аналіз, що стосується перебігу перехідних процесів, дав змогу здійснити їх узагальнення на рівні винаходів за участю авторів статті. До них відноситься спосіб одержання соків при переробці плодів та ягід (патент України 10461) [7] з такою формулою: «Спосіб одержання виходу соків при переробці плодів та ягід, що включає подрібнення, бланшування, пресування маси та освітлення соків, який відрізняється тим, що подрібнена маса після бланшування в режимі її транспортування подається на сатурацію під тиском 0,3—0,5 МПа з подальшим різким зменшенням тиску до атмосферного в приймальному буферному резервуарі перед пресуванням».

При сатурації подрібненої маси під тиском 0,3—0,5 МПа відбувається насичення клітин плодів та овочів сатуруючим газом з підвищенням загального внутрішнього тиску в клітинах. При подальшому різкому скиданні тиску до атмосферного в приймальному буферному резервуарі перед пресуванням відбувається повне руйнування оболонок клітин, що призводить до підвищення виходу соку з матеріалу, покращення умов пресування і освітлення соків та підвищення якості продукції.

Особливості наступного винаходу відображені в патенті України 84986 з формулою винаходу: «Спосіб одержання соків при переробці плодів та ягід, що включає подрібнення, бланшування, пресування маси та освітлення соків, який відрізняється тим, що подрібнена маса після нагрівання до температури 40—42°C в режимі безперервного транспортування подається в герметизовану вакуумну камеру з тиском 0,03—0,005 МПа з досягненням температури адіабатного кипіння рідинної фракції матеріалу з утворенням парової фази».

За рахунок низького тиску у вакуумній камері рідинна міжклітинна і клітинна фракції оброблюваної маси потрапляють у метастабільний стан з подальшим активним кипінням і утворенням парової фази, яка здійснює руйнування міжклітинних структур і клітинних оболонок, що приводить до підвищення виходу соку з матеріалу, покращення умов пресування й освітлення соків та підвищує якість продукції. Спосіб полягає в тому, що підготовлена і подрібнена маса підігривається до температур 40—42°C, за яких залишаються неушкодженими вітаміни та біологічно цінні речовини. В режимі безперервного транспортування вона подається у вакуумну камеру з тиском 0,03—0,005 МПа, в якій за рахунок внутрішньої теплоти починається активне кипіння рідинної фракції, утворення парової фази зруйнуванням міжклітинних структур і клітинних оболонок.

Спосіб одержання цукрових сиропів і аналогів цукатів відображено в патенті України 90732 [8] з 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».

Фасування подрібненої і пересипаної цукром маси ягід, фруктів і овочів з її вакуумуванням та герметизацією за рівня залишкового тиску в тарі 0,005—0,01 МПа та подальше витримання для здійснення осмомолекулярної дифузії дає можливість одержання цукрових сиропів і аналогів цукатів підвищеної біологічної цінності зі збереженням природнім кольором, вітамінним та ферментним комплексами, покращення смакових якостей і підвищення терміну зберігання.

Використання способів вакуумних технологій дає змогу поєднувати дію термодинамічних параметрів з механічними впливами (патент України 63328 [9]). Відповідно до нього формула винаходу сформульована таким чином: «Спосіб одержання соків при переробці плодів та ягід, що включає подрібнення, бланшування, пресування маси та освітлення соків, який відрізняється тим, що подрібнена маса після нагрівання до температури 38—42°C в дискретному режимі подається в гнучку оболонку, вакуумується з кінцевим тиском 0,003—0,004 МПа у вакуумній камері з досягненням адіабатного кипіння рідинної фракції з утворенням парової фази, герметизується в гнучкій оболонці і підлягає кількаретовим змінам тиску у вакуумній камері».

Нагрівання подрібнених плодів та ягід до температур 38—42°C, подавання їх у гнучку оболонку з подальшим вакуумуванням до кінцевих тисків 0,003—0,004 МПа приводить до адіабатного кипіння рідинної фракції з утворенням парової фази, що руйнує міжклітинні структури і клітинні оболонки сировини. Герметизація гнучкої оболонки і різка розгерметизація вакуумної камери супроводжується ударною дією атмосферного тиску і переведенням матеріалу в режим відпресовування соку. Кількаретові повтори зміни тисків у вакуумній камері завершуються на кінцевому процесі пресування підвищенням виходу і якісних показників продукції, збереженням вітамінів та біологічно цінних речовин.

Запропоновані новітні технології мають перспективи використання в процесах виробництва хліба. Так, патент України 72056 [10] стосується способу виробництва хліба з такою формулою: «Спосіб виробництва хліба, що передбачає заміс тіста з борошна, дріжджів, солі, його бродіння, оброблення, вистоювання і випікання, який відрізняється тим, що стадії бродіння і вистоювання здійснюються за підвищеного тиску діоксиду вуглецю 0,16—0,18 МПа, створеного мікроорганізмами в герметизованому об'ємі, різка розгерметизація якого здійснюється до рівня атмосферного».

Підвищення тиску бродіння і вистоювання відповідно до закону Генрі збільшує розчинність діоксиду вуглецю в тісті, що призводить до обмеження втрат сухих речовин борошна, оскільки зменшуються втрати CO_2 в навколишнє середовище.

Спосіб виробництва хліба здійснюється таким чином: після проведення технологічної операції замісу тіста з борошна, дріжджів і солі виконується герметизація бродильної ємкості з досягненням тиску газової фази 0,16—0,18 МПа. По завершенні бродіння здійснюється різка розгерметизація ємкості, в результаті чого досягається підвищений об'ємний вміст CO_2 у тісті. Наступною операцією є оброблення і вистоювання тістових заготовок з продовженням процесу бродіння за підвищеного тиску 0,16—0,18 МПа з подальшою різкою розгерметизацією вистійної шафи до атмосферного тиску. Останнє призводить до збільшення об'єму диспергованої у тістових заготовках газової фази.

Спосіб інтенсифікації бродіння тіста відображено в патенті України 111282 [11] з такою формулою корисної моделі: «Спосіб інтенсифікації бродіння тіста, який включає режим механічного перемішування, що здійснюють для розпушування тіста і досягнення газотримувальної здатності, необхідної для забезпечення формоутворювальної здатності, реологічних властивостей і одержання продуктів спиртового і молочнокислого бродіння, що обумовлюють смак і аромат хліба, який відрізняється тим, що процес бродіння супроводжують безперервними імпульсними змінами тиску діоксиду вуглецю над середовищем в межах від 0,15 до 0,10 МПа з частотою 0,2 Гц і витримкою у 8 с за тиску 0,15 МПа».

Безперервні імпульсні зміни тиску діоксиду вуглецю над середовищем від 0,15 до 0,10 МПа з частотою 0,2 Гц і витримкою у 8 с за тиску 0,15 МПа приводять до розширення і подальшого стискання диспергованої газової фази і повнооб'ємного перемішування тіста з інтенсифікацією масообмінних процесів між середовищем і мікроорганізмами та на міжфазній поверхні, утвореній твердою фазою та кавернами CO_2 . При цьому збільшений середній тиск діоксиду вуглецю над середовищем відповідно до закону Генрі призводить до збільшення сталої розчинності CO_2 в тісті, що також сприяє інтенсивності масообміну й обмеженню втрат сухих речовин у зв'язку зі зменшенням втрат діоксиду вуглецю у навколишнє середовище.

Патент України на винахід 119107 [12] стосується способу зброджування цукровмісних середовищ: «Спосіб зброджування цукровмісних середовищ, що включає підготовку розчину цукру і внесення в розчин дріжджів-цукроміцетів, який відрізняється тим, що після завершення лаг-фази і повного насичення

середовища діоксидом вуглецю тиск в об'ємі газової надрідинної фази CO_2 примусово підтримують швидкоплинно змінним від 0,13 до 0,10 МПа і знову до 0,13 МПа з паузами витримки 5 хв на нижньому рівні і 15 хв на верхньому рівні».

Самогенерування діоксиду вуглецю в процесах бродіння супроводжується його масопередачею на межі поділу фаз «дріжджові клітини — середовище» і поступовим підвищенням його концентрації до рівня насичення. Відповідно до закону Генрі, за яким константа насичення пропорційна парціальному тиску газової фази, середовище можливо переводити з насиченого стану в ненасичений і, навпаки, за рахунок зміни тиску в середовищі, наприклад, зміною тиску в газовому надрідинному об'ємі. Зменшення тиску в системі зменшує розчинність газу і переводить середовище в перенасичений стан, завдяки якому активно відбувається його дегазація. Підвищення тиску в системі приводить середовище в ненасичений стан з активізацією масопередачі на межі поділу фаз, підвищується зброджувальна активність дріжджів, зростають продуктивність, концентрація етилового спирту і зменшуються енергетичні витрати на процес перегонки.

Висновки

1. З відомого співвідношення про те, що в узагальненій оцінці теплових балансів харчових технологій одержання 1 Дж хімічної енергії у вихідній продукції супроводжується витратами введених в систему 10 Дж зовнішніх енергетичних потоків, приводить до висновку про необхідність і доцільність виконання ретельного енергетичного й економічного менеджменту. Призначення введених енергетичних потенціалів стосуються трансформацій матеріальних потоків, у тому числі зі змінами їх термодинамічних параметрів або фазових переходів. В останньому випадку досягаються імпульсні впливи, генеровані в середовищах, кінцеві результати яких супроводжуються механічними проявами, руйнуванням структур, кавітаційними явищами, гідравлічними ударами тощо.

2. Ефективність імпульсних впливів пов'язана з часом їх перебігу та інтервалами в змінах енергетичних потенціалів. Фізичне підґрунтя реалізації імпульсних впливів передбачає переведення середовищ до термодинамічно незрівноважених станів за рахунок зниження тисків у системах. Це стосується як систем з тепловими енергетичними потенціалами, так і газонасичених систем.

3. Прояви енергетичних імпульсів відбуваються у всьому об'ємі середовища незалежно від наявності або відсутності в системі гідростатичних тисків і висотних координат будь-якої локальної зони та визначаються перепадами тисків.

4. Рушійні фактори імпульсних впливів за теплових енергетичних потенціалів визначаються різницями температур, а в газонасичених системах — різницею початкових і кінцевих концентрацій розчинених газів.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з практичною реалізацією запропонованих і запатентованих способів обробки харчових і мікробіологічних середовищ.

Література

1. Інтенсифікація тепло- і масообмінних процесів в харчових технологіях: монографія / Соколенко А. І., Мазаракі А. А., Шевченко О. Ю. та ін. Київ: Фенікс, 2011. 536 с.
2. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях: монографія / Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Васильківський К. В. та ін. Київ: Фенікс, 2012. 484 с.
3. Інтенсифікація енерго- масообмінних процесів в культуральних середовищах бродильних виробництв: монографія / Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Васильківський К. В. та ін. Київ: Кондор-Видавництво, 2018. 212 с.
4. Intensification of energy and mass exchange processes in fermentation technologies: monograph / Sokolenko A., Shevchenko O., Vasylykivskiy K., Stepanets O., Maksymenko I., Shevchenko A. Pleven: Mediateh, 2018. 145 p.
5. Шевченко О. Ю., Соколенко А. І., Вінніченко І. М., Васильківський К. В. Особливості масообмінних процесів в анаеробних газорідних середовищах. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2018. Том 24, № 5. С. 124—134.
6. A porous media model for CFD simulations of gas-liquid two-phase flow in rotating packed beds. *Chemical Engineering Science*. 2018. Volume 189, 2 November. P. 123—134. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009250918302902> (дата звернення 06.05.2019).
7. Спосіб одержання виходу соків при переробці плодів та ягід: пат. на кор. модель 10461 Україна: МПК А23L 2/04 (2006.01) / Соколенко А. І., Українець А. І., Шевченко О. Ю., Мацко О. П. Лензіон В. Й.; власник НУХТ. № u200504151; заявл. 29.04.2005; опубл. 15.11.2005, Бюл. № 11.
8. Спосіб одержання цукрових сиропів і аналогів цукатів: пат. на винахід 90732 Україна: МПК А23В 7/08 (2006.01), А23L 3/00 / Максименко І. Ф., Соколенко А. І., Піддубний В. А., Шевченко О. Ю., Васильківський К. В.; власник НУХТ. № a200802703; заявл. 03.03.2008; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10.
9. Спосіб одержання соків при переробці плодів та ягід: пат. на кор. модель 63328 Україна: МПК С13В 10/00 / Соколенко А. І., Леус Р. М., Максименко І. Ф.; власник НУХТ. № u201101814; заявл. 16.02.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.
10. Спосіб виробництва хліба: пат. на кор. модель 72056 Україна: МПК А21D 8/02 (2006.01) / Соколенко А. І., Білик О. А., Максименко І. Ф.; власник НУХТ. № u201114575; заявл. 08.12.2011; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 15.
11. Спосіб інтенсифікації бродіння тіста: пат. на кор. модель 111282 Україна: МПК А21D 8/00 / Соколенко А. І., Коваль О. В., Білик О. А., Піддубний В. А.; власник НУХТ. № u201603663; заявл. 06.04.2016; опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21.
12. Спосіб зброджування цукровмісних середовищ: пат. на винахід 119107 Україна: С12Р 7/06 (2006.01), С12G 3/02 (2019.01) / Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Максименко І. Ф., Степанець О. І., Вінніченко І. М.; власник НУХТ. № a201709857; заявл. 11.10.2017; опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8.

BODY WAVES IN A REGULARLY LAYERED MEDIUM

V. Levchenko

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

Key words:

*Volume shear wave
Dispersion relations
Regularly layered medium
Mode shapes
Border zones passing*

Article history:

Received 13.05.2019
Received in revised form
29.05.2019
Accepted 12.06.2019

Corresponding author:

V. Levchenko
E-mail:
ylvv@ukr. net

ABSTRACT

Many papers in area of acoustic, radio electronics and mechanics are devoted to the questions of different physical nature wave propagation in the periodically stratified structures. Basic problems, which were studied in these works were conditions for bulk waves existence, and also possibility of surface waves propagation in the limited and semi limited regularly stratified media. At the simulation of physical processes it was assumed in such media, that structure is generated by the reiteration of generating package from Q the layers of thickness $h = h_1 + h_2 + \dots + h_Q$. The axis oz of a rectangular coordinate system is directed perpendicularly to the division planes. Beginning of the coordinate system origin was coincided with the border of overhead layer in a package. On division planes of layers, at perfect mechanical contact the conditions of continuity of mechanical σ_{xz} , w values should be observed. As period of the structure it was adopted the thickness of "originative" package of layers. Such limitation did not allow studying surface and bulking waves, and the feature of distribution of which is conditioned by a few originative packages.

The present paper is devoted to the study of shear bulk waves in structures by the period of which is L thickness of generating package.

The setting problems were reduced to linear algebraic linear systems. From the requirement of solution existence the dispersion relations $b_Q = \cos(l\pi/L)$ were obtained, where $l = 0, 1, \dots, L$, b_Q — spur of transfer matrix of originative package of layers. At fixed L equation has $L+1$ root in each range, where a condition $|b_Q| \leq 1$ is executed. In general case results of dispersion equation can be described by three indexes (l, n, L) , where n is the number of pass band. Accordingly, the same indexes can describe the types of vibrations in periodic structures.

СПЕКТР ОБ'ЄМНИХ ХВИЛЬ У ПЕРІОДИЧНО-ШАРУВАТОМУ ПРОСТОРИ

В. В. Левченко

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

Велика кількість праць у галузі акустики, радіоелектроніки і механіки твердого деформованого тіла присвячені питанню розповсюдження хвиль різної фізичної природи в періодично стратифікованих структурах. У цих працях досліджувалися проблеми вивчення умов існування об'ємних хвиль і можливості розповсюдження поверхневих хвиль у необмежених і напівобмежених періодично шаруватих структурах. При моделюванні фізичних процесів у таких структурах виходили з припущення, що вони утворені породжуючим пакетом з Q шарів, товщина якого $h = h_1 + h_2 + \dots + h_Q$. Вісь ox декартової системи координат перпендикулярна до площин розділу властивостей шарів. Початок системи координат збігається з верхньою границею одного з пакетів. На поверхнях розділу властивостей шарів виконуються умови неперервності механічних величин. За період структури приймалася товщина породжуючого пакета шарів. Таке обмеження не давало змоги вивчити особливості розповсюдження та існування об'ємних і поверхневих хвиль, а також особливості, які обумовлені довільною кількістю породжуючих пакетів у циклі, відносно якого розглядається задача.

Ця стаття присвячена вивченню особливостей розповсюдження і коливань об'ємних хвиль зсуву в структурах, періодом яких є L товщин породжуючого пакета шарів.

Поставлена задача була зведена до лінійної нескінченної системи алгебраїчних рівнянь. З вимоги існування обмеженого розв'язку цієї системи було отримано умови існування об'ємних хвиль і дисперсійне рівняння для них $b_Q = \cos(l\pi/L)$, де $l = 0, 1, \dots, L$, b_Q — слід передаточної матриці породжуючого пакета шарів. При фіксованому L рівняння має $L+1$ корінь у кожній області, де виконується умова $|b_Q| \leq 1$. У загальному випадку розв'язки дисперсійного рівняння можна охарактеризувати трьома індексами (l, n, L) , де n - номер зони пропускання об'ємних хвиль. Варто зазначити, що типи коливань (l, n, L) і (rl, rn, rL) еквівалентні.

Ключові слова: *об'ємні хвилі зсуву, дисперсійні співвідношення, регулярно-шарувате середовище, моди коливань, межі зон пропускання.*

Постановка проблеми. Питанням поширення хвиль різної фізичної природи в періодичних і неоднорідних структурах присвячена велика кількість наукових праць [1—12]. Моделюючи структуру матеріалу, припустимо, що є шарувата структура, утворена періодичним повторенням уздовж осі Oz

пакета шарів товщини h . Пакет складається з Q шарів товщини (h_q). Властивості шарів характеризуються параметрами Ламе λ_q, μ_q і щільністю ρ_q . На поверхнях розділу шарів виконуються умови ідеального контакту механічних величин.

Вважатимемо, що шари однорідні уздовж напрямів Ox і Oy . Матеріальні параметри μ і ρ є періодичними функціями змінної z з періодом h . Залежність полів від координати x і часу t описуватимемо залежністю $\exp[i(kx - \omega t)]$ (k — постійна поширення, ω — циклічна частота).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним напрямом досліджень розповсюдження хвиль у періодично неоднорідних середовищах було вивчення дисперсійних характеристик хвиль, обумовлених періодичністю і неоднорідністю структур [2; 3; 6—8; 12]. У періодичних середовищах досліджувалися умови існування об'ємних хвиль і характер зон пропускання. Дисперсійні властивості і характер коливань об'ємних хвиль у середовищах з періодичною структурою нині є недостатньо вивченими. Частково дисперсійні властивості і характер коливань хвиль досліджувалися в [10; 11], де було отримано дисперсійні співвідношення. Також вивчалися форми коливань пружних хвиль для мінімального значення періоду повторення поля, яке збігалось з періодом структури. Проблема дослідження спектра об'ємних хвиль в загальному випадку є відкритою. Як відомо, періодичне середовище має властивість симетрії трансляції, що забезпечує повторення поля з довільним періодом, а також дослідження спектра і форм коливань об'ємних хвиль зсуву в загальному випадку.

Мета дослідження: розробка методики дослідження хвильових процесів у періодично-шаруватих композитних матеріалах, а також дослідження дисперсійних рівнянь для хвиль при довільному виборі періодичності процесів відносно пакета шарів, які породжують простір.

Викладення основних результатів дослідження. Процес поширення хвиль зсуву в шарах описується системою рівнянь [4]:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z}; \quad \sigma_{yx} = \mu \frac{\partial u}{\partial z}; \quad \sigma_{yz} = \mu \frac{\partial u}{\partial x}. \quad (1)$$

Рішення системи рівнянь (1) відносно $u(x, z, t)$ в кожному з шарів простору шукаємо у вигляді:

$$u(x, z, t) = [B_{(n-1)Q+q}^{(1)} \sin \Omega_q(z - z_{n,q}) + B_{(n-1)Q+q}^{(2)} \cos \Omega_q(z - z_{n,q})], \quad (2)$$

де

$$z_{n,q-1} < z < z_{n,q}, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \\ z_{n,q} = (n-1)h + h_1 + \dots + h_q, \quad h = h_1 + h_2 + \dots + h_Q.$$

Підставляючи розв'язок (2) в умови на межах розділу властивостей шарів $z_{n,q}$ поставлену задачу зведемо до нескінченної системи лінійних рівнянь алгебри:

$$\begin{aligned}
 N(a_1, 0)\vec{B}_{(n-1)Q+1} &= N(a_2, \theta_2)\vec{B}_{(n-1)Q+2}; \\
 &\dots\dots\dots \\
 N(a_{Q-1}, 0)\vec{B}_{(n-1)Q+Q-1} &= N(a_Q, \theta_Q)\vec{B}_{nQ}; \\
 N(a_Q, 0)\vec{B}_{nQ} &= N(a_1, \theta_1)\vec{B}_{nQ+1}.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Матриці $N(a_i, \theta_i)$, $N(a_i, 0)$, вектори стовбці \vec{B}_i , які використовуються в системі (3), збігаються з введеними в [4]. Рішення системи (3) в регулярно-шаруватому просторі шукатимемо у вигляді:

$$\begin{aligned}
 \vec{B}_{(n-1)Q+1} &= \sum_{j=1}^2 K_j \chi_j^n (N_Q)^{M-1} N^{-1}(a_q; 0) \prod_{q=2}^Q N(a_q; \theta_q) N^{-1}(a_q; 0) \vec{Y}_j; \\
 &\dots\dots\dots \\
 \vec{B}_{(n-1)Q+Q-1} &= \sum_{j=1}^2 K_j \chi_j^n (N_Q)^{M-1} N^{-1}(a_{(n-1)Q+Q-1}; 0) N(a; \theta_Q) N^{-1}(a_Q; 0) \vec{Y}_j; \\
 \vec{B}_{nQ} &= \sum_{j=1}^2 K_j \chi_j^n (N_Q)^{M-1} N^{-1}(a_q; 0) \vec{Y}_j.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Тут χ_j і Y_j , відповідно, характеристичні числа і власні вектори передатної матриці $N_{MQ} = (N_Q)^M$, де, $N_Q = \prod_{q=1}^Q N^{-1}(a_q; 0) N(a_q, \theta_q)$, $M = 1, 2, \dots$. Характеристичне рівняння матриці є зворотним [4, 9—11] і має вигляд:

$$\chi^2 - 2b_{MQ}\chi + 1 = 0,
 \tag{5}$$

де $b_{MQ} = \text{spur} N_{MQ} / 2$.

Виходячи з виду дисперсійного рівняння (5) при $M = 1$, умову існування об'ємних хвиль можна записати так $|b_Q| \leq 1$. Межі зон пропускання $b_Q = 1$ і $b_Q = -1$ будуть дисперсійними співвідношеннями для об'ємних хвиль зсуву. Межа [4]

$$b_Q = 1
 \tag{6}$$

відповідає коливанням період повторення, який збігається з періодом структури h , а коливання на межі

$$b_Q = -1
 \tag{7}$$

повторюються з періодом $2h$.

Задамо, що $Q = 2$, а рішення хвильових рівнянь виберемо у вигляді

$$\begin{aligned}
 u(x, z, t) &= [B_{2n-1}^{(1)} \sin \Omega_1(z - z_{2n-1} + h_1 / 2) + B_{2n-1}^{(2)} \cos \Omega_1(z - z_{2n-1} + h_1 / 2)]; \\
 &z_{2n-2} < z < z_{2n-1}; \\
 u(x, z, t) &= [B_{2n}^{(1)} \sin \Omega_2(z - z_{2n} + h_2 / 2) + B_{2n}^{(2)} \cos \Omega_2(z - z_{2n} + h_2 / 2)]; \\
 &z_{2n-1} < z < z_{2n},
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

то на підставі умов сполучення між шарами отримуємо систему однорідних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{aligned} N(a_1, -\theta_1 / 2) \bar{B}_{2n-1} &= N(a_2, \theta_2 / 2) \bar{B}_{2n}; \\ N(a_2, -\theta_2 / 2) \bar{B}_{2n} &= N(a_1, \theta_1 / 2) \bar{B}_{2n+1}. \end{aligned} \quad (9)$$

Тоді при $b_2 = 1$ нескінченна система рівнянь (9) зводиться до двох незалежних систем рівнянь:

$$\begin{cases} B_1^{(2)} \cos(\theta_1 / 2) - B_2^{(2)} \cos(\theta_2 / 2) = 0; \\ B_1^{(2)} a_1 \sin(\theta_1 / 2) + B_2^{(2)} a_2 \sin(\theta_2 / 2) = 0 \end{cases}$$

і системи (10)

$$\begin{cases} B_1^{(1)} \sin(\theta_1 / 2) + B_2^{(1)} \sin(\theta_2 / 2) = 0; \\ B_1^{(1)} a_1 \cos(\theta_1 / 2) - B_2^{(1)} a_2 \cos(\theta_2 / 2) = 0. \end{cases}$$

Такий вигляд систем рівнянь (10) дає змогу показати, що на межах $b_2 = 1$ зон пропускання відбуваються антисиметричні-антисиметричні (АА) коливання:

$$\begin{aligned} u(x, z, t) &= [B_{2n-1}^{(1)} \sin \Omega_1 (z - z_{2n-1} + h_1 / 2)]; \quad 0 < z < h_1; \\ u(x, z, t) &= [B_{2n}^{(1)} \sin \Omega_2 (z - z_{2n} + h_2 / 2)]; \quad h_1 < z < h. \end{aligned}$$

І симетричні-симетричні (SS) коливання щодо серединної площини шарів:

$$\begin{aligned} u(x, z, t) &= [B_{2n-1}^{(1)} \cos \Omega_1 (z - z_{2n-1} + h_1 / 2)]; \quad 0 < z < h_1; \\ u(x, z, t) &= [B_{2n}^{(1)} \cos \Omega_2 (z - z_{2n} + h_2 / 2)]; \quad h_1 < z < h. \end{aligned}$$

На межах зон пропускання, для яких $b_2 = 1$, постійні \bar{B}_{2n-1} і \bar{B}_{2n} зв'язані співвідношеннями:

$$\bar{B}_{2n+1} = \bar{B}_{2n-1} \quad , \quad \bar{B}_{2n+2} = \bar{B}_{2n}$$

На частотах, що визначаються з рівняння (7), постійні B_{2n-1} і B_{2n} зв'язані співвідношеннями:

$$\begin{aligned} \dots = \bar{B}_{-3} = -\bar{B}_{-1} = \bar{B}_1 = -\bar{B}_3 = \dots; \\ \dots = \bar{B}_{-4} = -\bar{B}_{-2} = \bar{B}_0 = -\bar{B}_2 = \bar{B}_4 \dots \end{aligned}$$

і період коливань становить $2h$, нескінченна система рівнянь (9) зводиться до таких незалежних систем рівнянь:

$$\begin{cases} B_1^{(1)} \sin(\theta_1 / 2) - B_2^{(1)} \cos(\theta_2 / 2) = 0; \\ B_1^{(1)} a_1 \cos(\theta_1 / 2) - B_2^{(1)} a_2 \sin(\theta_2 / 2) = 0. \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} B_1^{(2)} \cos(\theta_1 / 2) + B_2^{(2)} \sin(\theta_2 / 2) = 0; \\ B_1^{(2)} a_1 \sin(\theta_1 / 2) + B_2^{(2)} a_2 \cos(\theta_2 / 2) = 0. \end{cases}$$

Виходячи з систем (11), можна показати, що на частотах, відповідних $b_2 = -1$, має місце симетрія коливань щодо серединних площин шарів ASAS на товщині $2h$

$$u(x, z, t) = [B_{2n-1}^{(1)} \sin \Omega_1(z - z_{2n-1} + h_1 / 2)] \exp(i(kx - \omega t)); \quad 0 < z < h_1;$$

$$u(x, z, t) = [B_{2n}^{(1)} \cos \Omega_2(z - z_{2n} + h_2 / 2)] \exp(i(kx - \omega t)); \quad h_1 < z < h;$$

$$u(x, z, t) = [B_{2n+1}^{(1)} \sin \Omega_1(z - z_{2n+1} + h_1 / 2)] \exp(i(kx - \omega t)); \quad h < z < h + h_1;$$

$$u(x, z, t) = [B_{2(n+20)}^{(1)} \cos \Omega_2(z - z_{2n} + h_2 / 2)] \exp(i(kx - \omega t)); \quad h + h_1 < z < 2h,$$

або SASA на товщині $2h$

$$u(x, z, t) = [B_{2n-1}^{(1)} \cos \Omega_1(z - z_{2n-1} + h_1 / 2)] \exp(i(kx - \omega t)); \quad 0 < z < h_1;$$

$$u(x, z, t) = [B_{2n}^{(1)} \sin \Omega_2(z - z_{2n} + h_2 / 2)] \exp(i(kx - \omega t)); \quad h_1 < z < h;$$

$$u(x, z, t) = [B_{2n+1}^{(1)} \cos \Omega_1(z - z_{2n+1} + h_1 / 2)] \exp(i(kx - \omega t)); \quad h < z < h + h_1;$$

$$u(x, z, t) = [B_{2n+2}^{(1)} \sin \Omega_2(z - z_{2n} + h_2 / 2)] \exp(i(kx - \omega t)); \quad h + h_1 < z < 2h.$$

Щоб отримати дисперсійні співвідношення для об'ємних хвиль у загальному випадку розглянемо характеристичне рівняння (5). Виходячи з виду характеристичного рівняння, дисперсійне рівняння для об'ємних хвиль у цьому випадку можна записати:

$$(b_{MQ} - 1)(b_{MQ} + 1) = 0. \quad (12)$$

Використовуючи формулу Абелеса [1; 5]

$$(N_Q)^m = \left\{ \begin{array}{cc} N_Q^{11} U_{m-1}(b_Q) - U_{m-2}(b_Q) & N_Q^{12} U_{m-1}(b_Q) \\ N_Q^{21} U_{m-1}(b_Q) & N_Q^{22} U_{m-1}(b_Q) - U_{m-2}(b_Q) \end{array} \right\},$$

дисперсійне рівняння (12) можна представити у вигляді:

$$(b_Q U_{M-1}(b_Q) - U_{M-2}(b_Q) - 1)(b_Q U_{M-1}(b_Q) - U_{M-2}(b_Q) - 1) = 0, \quad (13)$$

де $U_M(b_Q)$ поліноми Чебишева. Виконавши ряд перетворень і скориставшись унімодулярності матриці N_{MQ} , дисперсійне співвідношення (13) можна звести до вигляду:

$$(b_Q^2 - 1)U_{M-1}(b_Q) = 0. \quad (14)$$

Скориставшись властивостями поліномів Чебишева [1], співвідношення (14) можна звести до більш простого рівняння, яке можливо легко дослідити:

$$(b_Q + 1)(b_Q - 1)(b_Q - \cos \frac{\pi}{M})(b_Q - \cos \frac{2\pi}{M}) \dots (b_Q - \cos \frac{(M-1)\pi}{M}) = 0. \quad (15)$$

Такий запис дає змогу зробити висновок, що дисперсійні криві для об'ємних хвиль локалізовані в зонах пропускання об'ємних хвиль.

Для кращого розуміння характеру дисперсійних співвідношень для об'ємних хвиль розглянемо нормальні хвилі в регулярно-шаруватій пластині, що складається з M породжуючих пакетів. Граничні поверхні пластини $z = 0$ і $z = Mh$ вільні від напружень. Підстановка рішень (2) в умови сполучення на площинах розриву властивостей дає змогу звести задачу до системи однорідних рівнянь щодо невідомих $B_p^{(j)}$ ($j = 1, 2; p = 1, 2, \dots, MQ$):

$$\begin{aligned} \bar{N}_1(a_1, \theta_1)\bar{B}_1 &= 0; \\ N(a_1, 0)\bar{B}_{(n-1)Q+1} &= N(a_2, \theta_2)\bar{B}_{(n-1)Q+2}; \\ &\dots\dots\dots \\ N(a_{Q-1}, 0)\bar{B}_{(n-1)Q+Q-1} &= N(a_Q, \theta_Q)\bar{B}_{(n-1)Q+Q}; \\ \bar{N}_Q(a_Q, 0)\bar{B}_{MQ} &= 0; \\ n &= 1, \dots, M. \end{aligned} \tag{16}$$

Тут введені вектор рядки $\bar{N}(a_q, \theta_q) = [N^{11}(a_q, \theta_q); N^{11}(a_q, \theta_q)]$.

Ввівши в системі (16) заміну невідомих за формулою $\bar{C}_{(n-1)Q+q} = N(a_q, 0)\bar{B}_{(n-1)Q+q}$, систему рівнянь (16) у нових змінних можна записати так:

$$\begin{aligned} \bar{N}(a_1, \theta_1)N(a_1, 0)\bar{C}_1 &= 0; \\ C_{(n-1)Q+1} &= N(a_2, \theta_2)N^{-1}(a_2, 0)\bar{C}_2; \\ &\dots\dots\dots \\ C_{(n-1)Q+Q-1} &= N(a_Q, \theta_Q)N^{-1}(a_Q, 0)\bar{C}_Q; \\ \bar{N}(a_Q, 0)N^{-1}(a_Q, 0)\bar{C}_{LQ} &= 0. \end{aligned} \tag{17}$$

У результаті рекурентних перетворень система (17) зведеться до виду $N_{MQ}^{12}\bar{C}_1^{12} = 0$, тут $N_{MQ} = (N_Q)^M$. З вимоги існування нетривіального рішення системи (17) і, використовуючи властивості поліномів Чебишева, знаходимо дисперсійні рівняння для нормальних хвиль зсуву в пластині:

$$\begin{aligned} N_Q^{12} &= 0; \\ (b_Q - \cos \frac{\pi}{M})(b_Q - \cos \frac{2\pi}{M}) \dots (b_Q - \cos \frac{(M-1)\pi}{M}) &= 0. \end{aligned} \tag{18}$$

Такий запис дисперсійних співвідношень дає змогу стверджувати, що дисперсійні криві, що визначаються другим співвідношенням (18), збігаються з дисперсійними кривими для об'ємних хвиль, які локалізовані в зонах пропускання.

При фіксованому M рівняння (15) має $M - 1$ корінь у кожному з діапазонів, де виконується умова $|b_Q| < 1$. Кожне з рішень рівняння $b_Q = \cos(m\pi / M)$ в

загальному випадку може бути охарактеризоване трьома індексами (l, m, M), де $m=1,2,\dots,M-1$, а l порядковий номер зони пропускання при зростанні частоти від нуля. Відповідно, цими ж індексами можуть бути охарактеризовані і типи коливань у періодичних структурах. Відзначимо, що типи коливань (l, m, M) і (l, rm, rM) є еквівалентними. Рішення рівнянь $b_Q = 1$;

$b_Q = -1$ будемо характеризувати індексами t і s , де s приймає два значення -1 або $+1$ відповідно до виду межі, а t -порядковий номер рішення рівняння (6) або (7).

Аналіз отриманих дисперсійних співвідношень в загальному випадку можливий тільки чисельними методами. Нижче наведені результати чисельного аналізу при $Q = 2$ і $h_1 = h_2$. Властивості шарів збіглися з властивостями CdS і ZnO [9].

На рис. 1 в безрозмірних координатах ($z/h, u(z)/u(0)$) представлені форми коливань для межі $b_2 = -1$ зон пропускання. У нижній частині рисунків у дужках наведені значення безрозмірних величин $k^* = kh$ і $\omega^* = \omega h \sqrt{\rho_0 \lambda_0^{-1}}$ ($\rho_0 = 10^3 \text{ кг/м}^3, \lambda_0 = 10^{10} \text{ Па}$) для яких проводився аналіз форм коливань, а у верхній — в дужках значення індексів t і s .

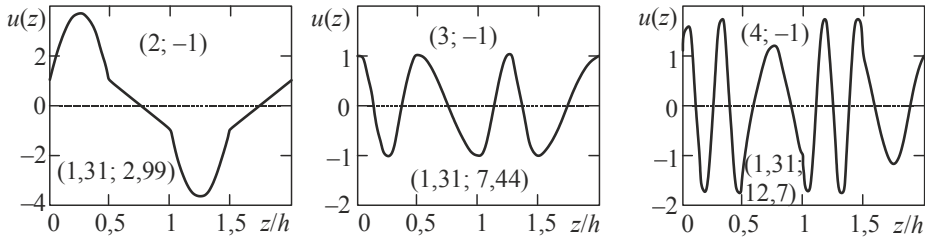


Рис. 1

Як показали чисельні експерименти, частково представлені на рис. 1, форми коливань у цьому випадку мають симетрію, яка підпорядковується правилу $u(z) = -u(h+z)$, де $0 \leq z \leq h$. З ростом значення індексу t зростає число коливань на періоді повторення форм коливань і зростає число вузлових точок.

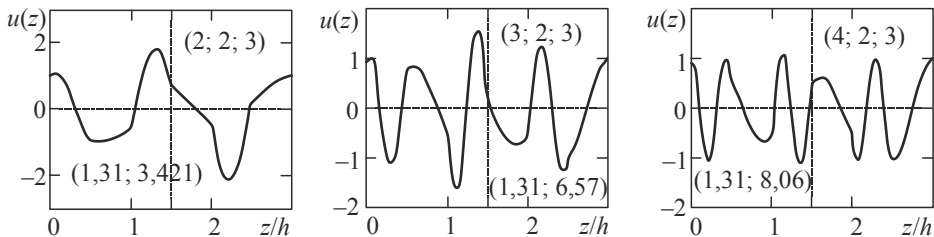


Рис. 2

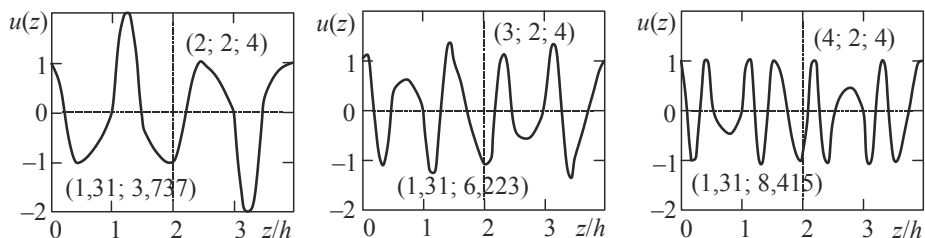


Рис. 3

Як впливає з рис. 2 і 3, форми коливань мають різну симетрію при парному значенні M і непарному. При парному M значення $u(z)$ на періоді коливань Mh підкоряються правилу $u(z) = -u(Mh/2 + z)$, де $0 \leq z \leq Mh/2$. Зі зростанням значення індексів M або l зростає кількість вузлових точок на інтервалі $0 \leq z \leq Mh$. Якщо M парне, то вузлові точки на періоді коливань будуть при $z = sh$, де $s = 1, 3, \dots, M/2 - 1$. Більшість вузлових точок локалізовані в шарі з мінімальним значенням швидкості $c_i = \sqrt{\mu_i / \rho_i}$. Показано, що форми коливань сильно залежні від значення індексів l і M , а від значень індексу m такої залежності не простежується.

Висновки

У результаті проведеного дослідження вирішена задача про поширення об'ємних хвиль зсуву в регулярно шаруватих структурах, коли поле коливань має періодом довільне ціле значення періоду структури. Отримано дисперсійні співвідношення для нормальних і об'ємних хвиль. Вид отриманих дисперсійних співвідношень дає змогу зробити висновок, що дисперсійні криві для об'ємних хвиль, за винятком меж зон пропускання, збігаються з дисперсійними кривими для нормальних хвиль у регулярно-шаруватій платині з вільними від напружень зовнішніми поверхнями. При фіксованому M (M — число періодів структури, відносно якої повторюється поле) дисперсійні співвідношення для об'ємних хвиль мають $M + 1$ корінь в кожній із зон пропускання. Кожне з рішень дисперсійного рівняння в загальному випадку може бути охарактеризоване трьома індексами (m, l, M) , де $m = 1, 2, \dots, M - 1$, а l порядковий номер зони пропускання при зростанні частоти від нуля. Відповідно, цими ж індексами можуть бути охарактеризовані і типи коливань в періодично шаруватих структурах. Відзначимо, що типи коливань (m, l, M) і (rm, l, rM) є еквівалентними. Показано, що форми коливань і їхня симетрія суттєво залежать від значення індексів l і M , а від значень індексу m такої залежності не простежується.

Література

1. Баас Ф. Г., Булгаков А. А., Тетервов А. П. Высокочастотные свойства полупроводников со сверхрешетками. Москва: Наука, 1989. 288 с.
2. Багно А. М. Дисперсионный спектр волнового процесса в системе слой идеальной жидкости — сжимаемый упругий слой. *Прикладная механика*. 2015. Том 51, № 6. С. 52—60.

3. Рушицкий Я. Я. О нелинейно упругой волне Стоунли. *Прикладная механика*. 2014. Том 50, № 6. С. 39—45.
4. Шульга Н. А. Основы механики слоистых сред периодической структуры. Київ: Наук думка, 1982. 200 с.
5. Born M., Wolf E. Principles of optics. Cambridge U.K: Cambridge University Press, 1999. 1986 p.
6. Dieulesant E., Royer D. Ondes elastiques dans les soliedes. Application au raiment du signal. Paris: Masson et C, 1974. 424 p.
7. Guz A. N. On the foundation of the ultrasonic non — destructive determimation of stresses in near the surface layeres of materials. *Review. Journal. Physical Science and Application*. 2011. Vol. 1, No. 1. P.1—15.
8. Guz A. N., Rushchitsky J. J. Computational simulation of harmonical wave propagation in fibrious micro and nanocomposites. *Composite Science and Technology*. 2007. Vol. 67, No. 5. P. 861—866.
9. Levchenko V. V. Propagation of magnetoelastic shear waves through a regularly laminated medium with metalized interfaces. *International. Applied. Mechanics*. 2004. Vol. 40, No. 1. P.17-25.
10. Levchenko V. V., Podlipenets A. N., Shul'ga N. A. Mode shapes at the boundaries of the transmission zones for plane-polarized bulk waves in a regularly layered medium *International. Applied. Mechanics*. 1985. Vol. 21, No. 1. P. 13—16.
11. Levchenko V. V., Podlipenets A. N., Shul'ga N. A Mode Shapes at The boundaries of the transmission zones for Shear bulk waves *International. Applied. Mechanics*. 1984. Vol. 20, No. 11. P. 38—45.
12. Rushchitsky J. J. Nonlinear elastic waves in materials. Berlin: Springer, 2014. 453 p.

**ADVANTAGES AND PROBLEMS IN STUDYING
OF MASSIVE FLOUR GOODS BAKING: LITERATURE
REVIEW. PART 1: INTERNAL HEAT
AND MASS TRANSFER WITHIN DOUGH-BREAD**

S. Dudko

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

Key words:

*Baking process
Mathematical model
Massiveness of the bodies
Heat and mass transfer
Dough-bread
Thermal physical
properties*

Article history:

Received 22.05.2019
Received in revised form
07.06.2019
Accepted 19.06.2019

Corresponding author:

S. Dudko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Bread baking is a complex process that is engaged by many hundreds of researchers around the world. This interest is caused by the fact that baking as a technological operation requires much more energy consumption in comparison with other ones and, at the same time, it is the defining way affects business profit and consumers properties of the final product: the shape appearance, taste, smell, etc. To date, an extensive array of experimental data was accumulated, which requires appropriate systematization, analysis and evaluation of the various methods, tools, and sometimes — also the alternative results interpretation. At the same time, the same trick should be done with the numerous mathematical models of baking process.

The analysis found the discrepancy in the mathematical models construction between “Eastern” and “Western” scientific approaches. Despite the presentation of the importance of mass transition influence on heat transfer these two approaches have different evaluation of the moisture flow driving forces. In addition, they are characterized by different depth of the similarity theory methodology application. In English literature, usually, heat moisture conductivity phenomenon is not taken into account; at the same time, computer methods are more applied for solving differential equations for heat and mass transfer modelling, but not using of the theory of similarity tricks. The result of the work with the review and analysis of relevant literature has to contribute to a better understanding of dough-bread as the object of further research, correct using of data obtained by predecessors to develop improved models. This paper will also be useful for identifying areas of further research to reduce the energy consumption and make better quality of baked goods.

ДОСЯГНЕННЯ І ПРОБЛЕМИ У ВИВЧЕННІ ПРОЦЕСУ ВИПІКАННЯ МАСИВНИХ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ: ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. ЧАСТИНА 1: ВНУТРІШНІЙ ТЕПЛОМАСООБМІН У ТІСТІ-ХЛІБІ

С. Д. Дудко

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

Випікання є комплексним процесом, до вивчення якого долучалося велика кількість дослідників в усьому світі. Така увага викликана тим, що випікання, як технологічна операція, є найбільш енерговитратною порівняно з іншими і, водночас, вона визначальним чином впливає на економічні показники та споживчі властивості готового продукту: зовнішній вигляд, смак, запах тощо. На сьогодні накопичений великий масив експериментального матеріалу, який потребує відповідної систематизації, аналізу й оцінки різноманітних методик, інструментарію, а іноді — й альтернативної інтерпретації результатів. Так само потрібно вчинити з багатьма розробленими математичними моделями процесу випікання.

Проведений аналіз виявив розбіжність у побудові математичних моделей між умовно «східним» і «західним» науковими підходами. Попри констатацію важливості впливу масообміну на теплообмін, ці два підходи по-різному оцінюють рушійні сили течії вологи. Крім того, для цих двох підходів характерна різна глибина застосування методології теорії подібності. В англійській літературі, зазвичай, такий феномен, як термовологопровідність не враховується. Водночас при моделюванні тепломасообміну більше покладаються на комп'ютерні методи розв'язання диференціальних рівнянь, а не на прийоми теорії подібності. Результат виконаної роботи з огляду й аналізу відповідної літератури має сприяти кращому розумінню тіста-хліба як об'єкта подальших досліджень, коректному використанню отриманих попередниками даних для розроблення більш досконалих моделей. Також дослідження буде корисним для окреслення напрямів подальшого пошуку умов, за яких можливо скоротити витрату енергетичних та інших ресурсів під час випікання і поліпшити якісні показники продукції.

Ключові слова: процес випікання, математична модель, масивність тіл, тепломасообмін, тісто-хліб, теплофізичні характеристики.

Постановка проблеми. Промислове випікання хліба, булочних та інших виробів з вибродженого тіста, що розпочалося на початку минулого століття, і тоді, і зараз потребує відповідного наукового забезпечення. Складність дослідження процесу випікання полягає в тому, що при нагріванні шматка тіста у ньому відбувається ціла низка елементарних процесів різної природи (фізичних, хімічних, біохімічних, мікробіологічних тощо), які чинять кількісний і якісний вплив на перебіг один одного. Під час перебування в печі під

впливом зовні спрямованої теплоти продукт перетворюється з однорідного шматка тіста у тверде тіло складної структури.

Як відомо, існує принципова різниця щодо умов прогрівання для тонких і масивних тіл. Поділ тіл на групи за ознакою масивності проводять відповідно до значення числа Біо (Bi), яке показує співвідношення інтенсивності зовнішнього і внутрішнього теплообміну. При $Bi < 0,25$ тіло вважають тонким, при $Bi > 0,5$ — масивним, а в діапазоні значень $0,25 \dots 0,5$ тіла перебувають у перехідній області. При прогріванні масивних тіл обмежувальним чинником є темп відведення теплоти від поверхні вглиб тіла, що пов'язаний з теплопровідністю матеріалу. Для тонких тіл швидкість прогрівання визначається можливістю забезпечення зовнішнього теплообміну тіла із середовищем. Тривалість прогрівання залежно від характеристик, пов'язаних з числом Біо має вигляд (Будрін і Назаров, 1933) [1]:

$$\tau = \frac{R_{\text{екв}}^2}{a_{\text{екв}} \delta^2} \ln \left(\frac{M}{\Theta} \right),$$

де Θ — безрозмірна температура; M , δ^2 — табличні коефіцієнти залежні від значення Bi ; $R_{\text{екв}}$, $a_{\text{екв}}$ — еквівалентні значення характерного радіуса і температуропровідності тіла.

У практиці процесу випікання до масивних тіл відносять хлібні, хлібо-булочні, булочні вироби, до тонких — вафлі, печиво, крекер, соломку, а до тих, що складають проміжну групу, — баранкові вироби, сушку, хлібні палички, бісквітні заготовки для тортів і тістечок, деякі види національних кавказьких, азійських виробів тощо. Відповідно, теплові режими при випіканні виробів, що належать до різних груп, суттєво різняться. Під тепловим режимом випікання нині, зазвичай, розуміють сукупність термодинамічних (зокрема, теплових, температурних) та інших параметрів середовища, які змінюються відповідним чином під час перебування виробів у печі. У цьому огляді основна увага приділяється групі масивних борошняних виробів.

Мета дослідження: проаналізувати з позицій сучасних наукових уявлень наведені в літературі результати досліджень перебігу тепломасообмінних процесів при випіканні масивних борошняних виробів та систематизувати наявні дані; на основі проведеного аналізу й узагальнень обґрунтувати характер розподілу і значення теплових потоків у робочій камері печі при раціональному режимі випікання.

Викладення основних результатів дослідження. Поняття раціонального режиму введено в обіг О. Т. Лісовенком (1976) [2]. Цей режим передбачає такий перебіг процесу випікання, при якому досягається найбільш ефективно, раціональне поєднання окремих процесів і утворюється найкраща комбінація якісних показників виробу, що випікається.

Для зручності аналізування великої кількості наявної наукової літератури, присвяченої процесу випікання, доцільно класифікувати наведені дані за певними ознаками. Кожна математична, фізична модель, що служить для вивчення явищ і процесів, насамперед встановлює границі досліджуваної системи. На нашу думку, межі систем, визначені цими границями, можливо використати як критерій для поділу множини наявних моделей на три рівні (рис. 1).

На першому рівні знаходяться моделі, що описують переважно внутрішні процеси розповсюдження теплоти в середині тістових заготовок, які випікаються (ТЗВ), границя системи збігається з поверхнею ТЗВ або проходить у безпосередній близькості від неї. На другому рівні розташовуються моделі, що відтворюють не лише внутрішні процеси, але також взаємодію ТЗВ із середовищем пекарної камери (поєднаний теплообмін). Границі систем другого рівня охоплюють ТЗВ разом з опорною поверхнею (подом), парогазове середовище, а для деяких моделей також і огороження пекарної камери. На цьому рівні в досліджуваній системі ТЗВ стає одним із її елементів, який, у свою чергу, чинить вплив на середовище, тому на рис. 1 зв'язок між ТЗВ та середовищем пекарної камери зображений двостороннім. Масивні вироби переважно випікають у печах з непрямим обігрівом, тому на третьому рівні ієрархії додається ще один елемент системи — теплоносій, що рухається поза межами пекарної камери. Цей елемент, зазвичай, узагальнюють терміном «нагрівна система печі».

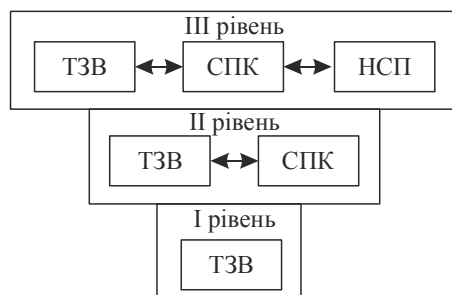


Рис. 1. Ієрархія систем, покладених в основу класифікації моделей процесу випікання: ТЗВ — тістова заготовка, що випікається; СПК — середовище пекарної камери; НСП — нагрівна система печі

1. Моделі I рівня. Моделі, що їх можна віднести до першого рівня, складають чи не найчисленнішу групу. У рамках цієї групи можна окремо виділити моделі, якими послуговувалися при дослідженнях теплофізичних характеристик (ТФХ) тіста, тіста-хліба, м'якуша і скоринки готового хліба. З них, власне, історично і розпочалося наукове дослідження багатопланового процесу випікання. Такими характеристиками є теплопровідність, температуропровідність, питома теплоємність, оптичні властивості поверхні виробу тощо. Також важливими фізичними властивостями, що впливають на теплові характеристики, є, зокрема, густина (шпаруватість), вологовміст, а також якісна і кількісна характеристика пор ТЗВ. Достатньо велика кількість досліджень на цю тему викликана, з одного боку, необхідністю вивчення значного розмаїття асортименту з різним складом (рецептурою) тіста, а з другого — складністю самого завдання. Складність визначається тим фактом, що значення ТФХ залежать від температури, від вологовмісту і форм зв'язку вологи з матеріалом, тобто змінюються (до того ж нелінійно) під час випікання. Вирішення цієї проблеми ускладнене через недостатню точність експериментальних вимірювань, попри наявність великого розмаїття методів досліджень, а також через малу кількість робіт методичного характеру з узагальненням експериментальних даних.

1.1. Теплофізичні характеристики тіста-хліба. Наразі можна відзначити два підходи до опису процесу теплопереносу в капілярно-пористому тілі, згідно з якими визначають ТФХ: один з них полягає у використанні багатозфазної моделі теплопровідності, другий — в оперуванні так званими «ефективними» значеннями ТФХ, що встановлюються на основі експериментальних досліджень. Вагомий внесок у вивчення ТФХ зробили Гінзбург (1980) [3], Лісовенко (1976) [2], які розвинули обидва підходи, чим створили основу для подальших досліджень на пострадянському просторі. Важливе для вивчення теплообміну питання про оптичні та терморадіаційні характеристики поверхні ТЗВ досліджували Ільясов та Красніков (1972) [4]. Грунтовний огляд праць, присвячених проблематиці вивчення ТФХ в англomовному науковому просторі, детально представлений у праці Rask (1989) [5].

Серед більш пізніх праць на цю тему в англomовному сегменті варто відзначити статті Pulris & Salvadori, (2009, а, б) [6; 7]. Автори розробили підхід, який назвали «проблема рухливих зв'язків». Підхід формулюється з огляду на фізику процесу прогрівання ТЗВ, що супроводжується кипінням води, коли ентальпія стрибкоподібно змінюється відповідно до зміни фази, що в математичній моделі відображається уведенням еквівалентних ТФХ. Питома теплоємність тіста-хліба і скоринки представлена у вигляді еквівалентної теплоємності вологого матеріалу з урахуванням води у відповідному агрегатному стані: $C_p = C_p^* + rW\delta$, де r — прихована теплота пароутворення; W — вологовміст; δ — дельта-функція Дірака, яка дає змогу записати густину розосередженої в об'ємі ТЗВ вологи зосередженою в центрі ТЗВ. Еквівалентна теплоємність представлена у вигляді: $C_p^* = C_{p,s}^* + WC_{p,w}^*$, де перший доданок — це питома теплоємність твердої фази при відповідній температурі, другий — води в рідкому стані.

Zanoni з колегами (1995) [8] досліджували зв'язок між видимою густиною, коефіцієнтом температуропровідності, коефіцієнтом теплопровідності і шпаруватістю як для скоринки, так і для м'якуша. Залежність видимої густини (тобто з урахуванням газової фази) від шпаруватості ϵ , % має лінійний характер і апроксимується залежністю виду $\rho_i = a_i - b_i\epsilon$, де a і b — константи, індекс $i=1\vee 2$ вказує на приналежність до скоринки або до м'якуша. Коефіцієнт температуропровідності має експоненціальну залежність від шпаруватості: $a_i = \exp(c_i\epsilon - d_i)$, де c і d — константи. Різниця в поведінці скоринки і м'якуша обумовлена комбінованим ефектом від варіації видимої густини, теплоємності й температуропровідності. Залежність коефіцієнта теплопровідності для скоринки і м'якуша представлена у вигляді: $\lambda_i = e_i - f_i\epsilon$, де e і f — константи.

В останні півтора десятка років набула популярності технологія глибокого заморожування частково випечених виробів, яка передбачає їх остаточне допикання на місці реалізації готової продукції. У цьому зв'язку актуальним є дослідження Югу з колегами (2007) [9], які визначили ТФХ частково випеченої і замороженої тістової заготовки при заморожуванні, в процесі танення і в

процесі допікання. На експериментальних даних, наведених у цій праці, також базується вираз для визначення коефіцієнта теплопровідності, адаптований Pulris і Salvadori (2009, б) [7], що відтоді широко використовується іншими дослідниками:

$$\lambda = \begin{cases} \frac{0,9}{1 + \exp[-0,1(T - 253,16)]} + 0,2 & \text{якщо } T \leq T_f - \Delta T \\ 0,2 & \text{якщо } T > T_f - \Delta T \end{cases}$$

де T_f — температура фазового переходу води при відповідному тиску; ΔT — поправка на фізико-хімічні ефекти.

Для вивчення нестационарної теплопровідності в праці Ajasa з колегами (2014) [10] побудована штучна нейронна мережа (ШНМ) — система зі своєрідним штучним інтелектом, яку можливо натренувати на розв’язання певних задач. Такі мережі широко застосовуються при вирішенні комплексних проблем у різних сферах людської діяльності, що є складними для розв’язання на звичайному комп’ютері. До переваг нейронної мережі належить ефективна реалізація менеджменту невизначеностей, зашумлених даних і нелінійних залежностей. Запропонована і протестована авторами ШНМ дає змогу з високою точністю прогнозувати значення теплопровідності тіста-хліба при змінних температурі, вологості і густині ТЗВ.

1.2. Тепломасообмін у тісті-хлібі.

1.2.1 Механізм міграції вологи. Основна кількість праць, які можна віднести до першого рівня, присвячена дослідженням однієї з найбільш складних проблем у теорії і практиці процесу випікання — питанню внутрішнього тепло- і масоперенесення в тісті-хлібі. Завданнями досліджень є побудова температурного поля ТЗВ, визначення тривалості випікання, складових енергетичного балансу процесу тощо. Теплові характеристики процесу значною мірою визначаються феноменом термовологопровідності; аналітичне визначення температурного поля тістової заготовки, що випікається, пов’язане з необхідністю розв’язання системи диференціальних рівнянь Ликова-Михайлова (1963) [11], що наразі є невирішеним завданням (Кирик і Кирик, 2012) [12]. Тому при дослідженнях в ряді випадків широко застосовують напівемпіричну теорію подібності, що надає змогу замінити важко розв’язувані рівняння залежностями між безрозмірними комплексами-критеріями.

Теоретичні засади внутрішнього тепломасопереносу, що побудовані на спадщині акад. О. В. Ликова, опрацьовані в працях Гінзбурга (1955) [13], Михелева і Іцковича (1968) [14] та інших. У західній традиції включення до математичної моделі рівнянь термовологопровідності зустрічається доволі рідко, так само, як і застосування теорії подібності. Гінзбург (1955) [13] проводив дослідження тепломасообміну в тісті-хлібі, насамперед у початковий період випікання. Визначальними критеріями подібності названі критерії Косовича, Фур’є, Кірпічова та безрозмірна температура поверхні ТЗВ. Встановлений факт суттєвого внеску масообміну в загальну картину прогрівання.

Зокрема, за рахунок масообміну в тісті-хлібі зростають: теплопровідність — на 17% для житніх сортів і 14% для пшеничних; зростання температуропровідності становить до 17% для житніх і 12% для пшеничних.

У літературі наявна достатньо велика кількість моделей тепломасообміну під час випікання. De Vries із колегами (1989) [15] запропонували модель тепломасопереносу в тісті-хлібі і м'якуші (без скоринки). Автори з'ясували, що теплопровідність вибродженого тіста і пористого м'якуша вищі, ніж у тіста з видаленою газовою фазою і в ущільненого м'якуша. Такий результат, на перший погляд, суперечить картині, що спостерігається на практиці, коли пористість не сприяє, а, швидше, перешкоджає явищу перенесення. Для пояснення цього феномену вони висунули гіпотезу про те, що тепло- і масоперенесення всередині продукту визначається механізмом випаровування-конденсації води всередині пор, а не механізмами теплопровідності і дифузії. Механізм перенесення вологи починає відігравати більшу роль в міру перетворення тіста в хліб, оскільки теплопровідність м'якушки зменшується, порівняно з тістом. Запропонована ними модель передбачає 4-ступеневий механізм розповсюдження теплоти в тісті-хлібі:

1. Вода випаровується біля нагрітої стінки газового пухиря і забирає приховану теплоту випаровування.

2. Водяна пара мігрує крізь газову фазу.

3. Зустрівши холодну стінку пухиря пара конденсується з виділенням теплоти і стає рідиною.

4. Теплота і волога відповідно транспортуються шляхом кондукції і дифузії через білковий гель до більш теплої стінки наступного газового пухиря.

Zanoni з колегами (1995) [8] взялися перевірити гіпотезу De Vries з колегами (1989) [15] стосовно впливу пористості на процес тепло- і масоперенесення. Автори розробили математичну модель тепломасообміну в м'якушці і скоринці ТЗВ та експериментально підтвердили її адекватність. Виходячи з отриманих авторами даних, гіпотеза не підтвердилася. Тобто модель, у якій причиною інтенсифікації теплообміну в капілярно-пористому тілі названо процеси випаровування-конденсації в середині газових порожнин, визнано неадекватною. Натомість автори пояснюють феномен більш високої швидкості прогрівання шпаруватого тіла, порівняно з суцільним, нижчою здатністю до акумуляції теплоти, що, у свою чергу, визначається нижчими значеннями питомої теплоємності і густини шпаруватого тіла.

Як зазначають Zanoni з колегами (1993) [16], прогрівання ТЗВ накладає відбиток на весь комплекс супутніх фізичних, хімічних і структурних перетворень під час випікання. Дослідниками розроблена механістична модель тепло- і масоперенесення в тісті-хлібі. Визначеними параметрами моделі є: температура, вологість, товщина скоринки, об'єм ТЗВ. Температура поверхні лінійно зростає з часом до 100°C. Всередині ТЗВ утворюється фронт випаровування, у якому температура постійна 100°C. Фронт мігрує всередину ТЗВ в міру зростання температури скоринки.

Результати отримані Pulris і Salvadori, (2009a) [6] при моделюванні процесу випікання хліба добре узгоджуються з експериментом. Розраховані тем-

пература скоринки і м'якуша, так само, як і вологовміст, демонстрували належне узгодження із замірами. Модель описує фронт випаровування, який мігрує вглиб ТЗВ з температурою 100°C, змінюючи при цьому фізичні властивості матеріалу.

Вітчизняні дослідники також розглядали подібну модель розповсюдження теплоти і вологи. Зокрема, про виконані детальні інструментальні дослідження особливостей фізичної картини в околі зони випаровування та відповідне математичне оброблення даних багато сказано в праці Лісовенка (1976) [2]. За даними Сидоренко (2008) [17], межа зони випаровування в кінці процесу випікання проходить на глибині приблизно (5—6) мм від верхньої поверхні та (9—12) мм від нижньої поверхні виробу. Товщина скоринки становить (2,5—5,0) мм. При цьому термометричні вимірювання показали, що внутрішній межі скоринки відповідає температура 110±2°C, а внутрішній межі зони випаровування — температура фазового перетворення вологи при відповідному тиску. Тож зона випаровування охоплює не лише скоринку, а й підкірковий шар, з якого також випаровується волога під час випікання і який відрізняється від м'якушки меншою вологістю та своєрідною структурою.

Запропонована Zanoni з колегами (1994) [18] математична модель включає ті самі параметри, що в механістичній моделі цих же авторів, побудована в двовірній симетричній системі координат і описує розповсюдження теплоти в ТЗВ. Процес підведення теплоти описується окремо для зовнішньої і внутрішньої частин ТЗВ (скоринки і м'якуша). Температура зовнішньої частини визначається отриманою теплотою із зовні, переданою внутрішньому шару м'якуша, і конвективною масовіддачею назовні. Температура внутрішньої частини визначається за законом Фур'є. Парціальний тиск пари на поверхні ТЗВ розглядається як обмежуючий чинник для випаровування вологи. Випаровування моделюється лише для верхньої відкритої поверхні.

Отже, у представленні механізму тепломасообміну в тісті-хлібі між умовно «західною» і «східною» школами спостерігається суттєва різниця. Після уточнення моделі De Vries з колегами (1989) [15], про що йшлося вище, «західна» модель набула таких головних ознак (Khater і Bahnasawy, 2014) [19]:

- у тісті-мякуші має місце дифузія води лише в рідинному стані, в той час, як у периферійних шарах (за зоною випаровування, ближче до поверхні) — лише у вигляді пари;

- збільшення об'єму ТЗВ, як правило, ігнорується;

- переміщення рідинної вологи у тісті-мякуші відбувається від центральних шарів у напрямку зони випаровування;

- переміщення пари від зони випаровування до поверхні відбувається під дією градієнта концентрації пари;

- потік маси (води і водяної пари) відбувається відповідно до закону дифузії за Фіком, що має такий запис:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial u}{\partial x} \right),$$

де u — вологовміст; τ — час; D — коефіцієнт масопровідності;

- водяна пара потрапляє з поверхні ТЗВ до середовища пекарної камери у вигляді конвективного потоку.

Зазначена модель суттєво контрастує із підходами, що сформувалися «східною» школою щодо ролі термовологопровідності у тепломасообінних процесах у капілярно-пористих тілах. Винятком тут може служити праця Zheleva і Kambourova (2005) [20], яка є однією з небагатьох, що представляє школу Ликова-Гінзбурга в англomовному сегменті наукових часописів. Рівняння масообміну автори записують з урахуванням руху вологи під дією градієнта температури:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(D \delta \frac{\partial t}{\partial x} \right),$$

де δ — коефіцієнт термовологопровідності; t — температура.

Tong і Lund (1993) [21] досліджували тепломасообмін при нагріванні хлібного тіста у мікрохвильовому полі. Розроблена ними модель із внутрішнім джерелом теплоти передбачала перенесення теплоти вздовж однієї координати шляхом теплопровідності і дифузії води. Як механізм масоперенесення розглядалася рух води в рідинному стані вкупі з випаровуванням-конденсацією. При випаровуванні і подальшій конденсації рідка вода рухається як у напрямку центру ТЗВ, інтенсифікуючи прогрівання м'якушки, так і до периферії.

Lucas з колегами (2015) [22] досліджували чинники, що впливають на потік води, упікання і локальний розподіл вологи в ТЗВ. Представлене оригінальне формулювання процесів випаровування, конденсації і дифузії, що ідеалізує утворення в тісті бульбашок як періодичних кубів. За допомогою неінвазивного методу і чисельного моделювання вивчені механізми розширення і стиснення в тісті, що збільшується в об'ємі під час випікання. Знайдено єдиний набір фізичних значень, що можуть задовільно відтворити експериментальні результати досліджень, пов'язані з транспортуванням і розширенням газової фази.

1.2.2. Супутні фізичні процеси, геометричні параметри. Як зазначалося вище, великий обсяг досліджень на тему терморадіаційних характеристик харчових продуктів міститься в праці Ільєсова та Краснікова (1972) [4]. Предметом досліджень Dessev з колегами (2011) [23] було визначення впливу вологості хлібного тіста (не вибродженого) на поглинальну здатність у ближній і середній області інфрачервоного діапазону електромагнітних хвиль. Вченими встановлено, що найбільший рівень поглинальної здатності тіста і найбільша температура його нагріву відповідає зразкам низької вологості. При всіх рівнях інтенсивності ІЧ опромінення спостерігається чітка позитивна кореляція між температурою поверхні тіста і сумарним поглинутим тепловим потоком. У ближньому діапазоні ІЧ випромінювання чітко простежується два піки поглинання, що визначаються станом води: 1,38 мкм (пара) і 1,43 мкм (вода).

Зміна об'єму тіста-хліба в міру прогрівання відбувається нерівномірно і залежить від температури відповідного шару. У свою чергу, це позначається на значенні густини тіста-хліба і має враховуватися при обчисленнях значень

ТФХ, насамперед для масивних тіл. У праці Теличкун з колегами (2008) [24] досліджена залежність зміни об'єму подового хліба в процесі випікання від зростання температури та віддаленості шарів тіста від зовнішньої поверхні заготовки. Також враховується активність бродіння, яка, у свою чергу, залежить від температури.

При використанні теорії подібності для опису і розрахунків тепломасообмінних процесів практично значущим є питання коректного застосування такого геометричного показника як визначальний розмір. Для виробів різної форми Десиком з колегами (2012) [25] запропонований вираз еквівалентного розміру як параметра, що використовується при застосуванні теорії подібності, зокрема при визначенні тривалості прогрівання. Отримано формулу для визначення еквівалентного геометричного розміру з урахуванням коефіцієнта співвідношення розмірів заготовки у трьох вимірах. Встановлена залежність визначального (еквівалентного) розміру від співвідношення діаметра круглого подового хліба до його висоти. Отримано формулу для визначення площі поверхні круглого подового хліба та залежність цієї величини від визначального розміру. Встановлено, що при рівних еквівалентних розмірах тіла з різною формою мають однакову тривалість випікання. У праці Десика з колегами (2016) [26] розглянуто прогрівання ТЗВ циліндричної форми (хлібні палички), що займає проміжне положення між масивними і тонкими тілами, побудовані тривимірні графіки зміни температурного поля ТЗВ у різні моменти часу.

У праці Кирик і Кирик (2012) [12] проаналізоване прогрівання ТЗВ під час регулярного режиму, який настає у другому періоді випікання. У процесі нестационарної теплопровідності автори розглядають як об'єкт прогрівання лише внутрішню насичену рідиною вологою частину тіста-м'якуша, оточену поверхнею випаровування з температурою 100°C, для якої зовнішні шари є середовищем. Отримане рівняння, що описує процес прогрівання при значеннях числа Фур'є $Fo > 0,35$: $\theta = 18,3e^{-8,89Fo}$, де $\theta = (100 - t)/(100 - t_0)$ — безрозмірна температура (t — поточна, t_0 — початкова температура). Як характерний розмір у числі Fo узятя половина висоти ТЗВ. Це рівняння отримане для виробів із здобного тіста масою 200—400 г із співвідношенням діаметра до початкової висоти 1:5 і може бути використане для розрахунку тривалості випікання або значення температури в центрі ТЗВ через відповідний проміжок часу.

До окремої підгрупи можна віднести праці, в яких міститься інформація про результати досліджень енергетичних характеристик процесів всередині тіста-хліба. Гінзбург (1955) [27] і ряд інших авторів у 40—50-х роках минулого століття провели термографічні дослідження процесу клейстеризації крохмалю, що відбувається в діапазоні температур близько 60°C. Встановлено, що цей процес у тісті-хлібі супроводжується яскраво вираженим ендотермічним ефектом, при якому теплота витрачається на руйнування внутрішньої міцелярної структури крохмалю. Деякі автори, зокрема Брязун з колегами (2009) [28], безпосередньо пов'язують точку перегину на графіку прогрівання центральних шарів тіста саме з температурою клейстеризації крохмалю.

Також ендотермічні реакції відбуваються при денатурації білків, розкладанні хімічних розпушувачів, зміні об'єму ТЗВ. Ці витрати є достатньо суттєвими, про що свідчать дані Дорохович з колегами (2012) [29], отримані при дослідженні випікання масивних борошняних кондитерських виробів. Зокрема, ці втрати відносно сумарної витрати теплоти становлять 11% при випіканні бісквіту, близько 15% — кексів і понад 18% — пряників.

Vanin з колегами (2018) [30] досліджували вплив температури на реологію тіста в діапазоні 25—95°C як при малих, так і при великих напруженнях, щоб змодельювати зміни при переході тіста у м'якуш під час випікання. Встановлено, що в усьому діапазоні температур мав місце ефект пластичного зміцнення. Індекс консистенції зменшувався при зміні температури з 25°C до 45°C і збільшувався при температурі вище 50°C. Ступінь релаксації також різко змінився, але тільки при більш високій температурі (56—60°C), нижче якої він залишався майже постійним (98—99%). Це пов'язують із перебігом основних фізико-хімічних реакцій, що мають місце для крохмалю і білків вище за цю температуру. Процес супроводжувався набуттям тістом стану в'язко-пружної рідини і властивостей, більш притаманних твердому тілу.

Ковальов з колегами (1999) [31] досліджували розповсюдження теплоти в тісті-хлібі за допомогою датчиків теплового потоку, що мають товщину 1—1,5 мм, які закладалися між пластами тіста на глибині від верхньої поверхні, мм: 0; 0,5; 1,0; 3,0; 4,0; 11,0; 25. Зразок масою 0,3 кг підігрівався зверху. Автори фіксують наявність западини у кривих теплового потоку $q = q(\tau)$ на глибинах 0,5; 1,0; 3,0 мм при температурі відповідного шару 110°C, що пояснюють збільшенням температури тіста внаслідок конденсації пари, яка мігрує із зони випаровування. При температурі цих шарів 120°C досягається локальний максимум кривої, після чого вона починає постійно знижуватися до завершення прогрівання. Крива, що відповідає поверхні ТЗВ (0 мм), стрімко, протягом 1 хв, піднімається до максимуму близько 2200 Вт м⁻², що настає при температурі поверхні 70°C, потім плавно знижується майже лінійно до 1200 Вт м⁻² при 20 хв прогрівання. Питома витрата теплоти на прогрівання верхньої частини ТЗВ, за підрахунками авторів, складає 190 кДж кг⁻¹.

На нашу думку, інтерпретація кривих теплового потоку, що відповідають глибинам 0,5; 1,0 і 3,0 мм, не зовсім коректна і потребує іншого пояснення, насамперед щодо феномену появи западини, яка за температури шару близько 110°C не може бути наслідком конденсації пари. Альтернативна інтерпретація цього феномену дана нами у другій частині статті.

Висновки

Проведене дослідження літературних джерел виявило, що процес внутрішнього тепломасообміну, який має місце під час випікання масивних виробів, є достатньо вивченим, існує велика кількість праць, спрямованих на отримання все більш адекватних математичних моделей, і дослідження в цьому напрямі тривають. З іншого боку, попри консенсус серед науковців щодо значної ролі масообміну при прогріванні тіста-хліба, існує розбіжність методологічного характеру, яка торкається врахування чи неврахування в математичній моделі феномену термовологопровідності. Зазвичай, моделі, в яких не враховується

термовологопровідність, оперують експериментально визначеними «ефективними», а не точними з позицій фізичної моделі параметрами. На нашу думку, це є своєрідним компромісом, спрямованим, з одного боку, на полегшення математичного розв'язання задачі, з іншого — на уникнення необхідності експериментального визначення деяких інших важких для дослідження параметрів (наприклад, термоградієнтного коефіцієнта).

Також проведений аналіз показав, що існують два підходи до розв'язання рівнянь математичної моделі тепломасопереносу. Один з них (умовно «західний») більше покладається на сучасні комп'ютерні засоби (зокрема, CFD — обчислювальну гідродинаміку), інший «східний» — для спрощення рівнянь і полегшення отримання результату передбачає більш широке застосування теорії подібності.

Література

1. Будрин Д. В., Назаров И. С. Таблицы и формулы: Расчет металлургических печей. Свердловск ; Москва: Уральское обл. гос. изд-во, 1933. 42 с.
2. Лисовенко А. Т. Процесс выпечки и тепловые режимы в современных хлебопекарных печах. М.: Пищевая пром-сть, 1976. 214 с.
3. Гинзбург А. С., Громов М. А., Красовская Г. И. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: Справочник. Изд. Второе, доп. и перераб. М.: Пищевая промышленность, 1980. 288 с.
4. Ильясов С. Г., Красников В. Б. Методы определения оптических и терморadiационных характеристик пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность. 1972. 175 с.
5. Rask C. Thermal properties of dough and bakery products: a review of published data. *Journal of Food Engineering*. 1989. Vol. 9 (3). P. 167—193.
6. Pulris E., Salvadori V. O. Bread baking as a moving boundary problem. Part 1: Mathematical modeling. *Journal of Food Engineering*. 2009. Vol. 91(3). P. 428—433.
7. Pulris E., Salvadori V. O. Bread baking as a moving boundary problem. Part 2: Model validation and numerical simulation. *Journal of Food Engineering*. 2009. Vol. 91(3). 434—442.
8. Zaroni B., Peri C., Gianotti R. Determination of the Thermal Diffusivity of Bread as a Function of Porosity. *Journal of Food Engineering*. 1996. Vol. 26. P. 497—510.
9. Jury V., Monteau J., Comiti J., Le-Bail A. Determination and prediction of thermal conductivity of frozen part baked bread during thawing and baking. *Food Research International*. 2007. Vol. 40 (7). P. 878—882.
10. Ajasa, Afis A., Adenowo and others. Thermal Conductivity of Food Products using: A Correlation Analysis Based on Artificial Neural Networks (ANNs). *Advances in Bioscience and Bioengineering*. 2014. Vol. 2, (2). P. 14—24.
11. Лыков А. В., Михайлов Ю. А. Теория тепло- и массопереноса. М-Л.: Госэнергоиздат, 1963. 536 с.
12. Кирик И. М., Кирик А. В. Результаты исследований процесса выпечки тестовых заготовок в пароконвекционном аппарате. *Материалы XIV международной научно-практической конференции «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств»*: Научные труды АлтГТУ. Барнаул, 2012. С. 227—231.
13. Гинзбург А. С. Теплофизические основы процесса выпечки. М.: Пищепромиздат, 1955. 474 с.
14. Михелев А. А., Ицкович Н. М. Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производства: Учебник для техн. спец. вузов пищ. пром-сти. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Пищевая пром-сть, 1968. 487 с.
15. De Vries, U., Sluimer P., Bloksma A.H. A quantitative model for heat transport in dough and crumb during baking. In: *«Cereal Science and Technology in Sweden, Proceedings of an*

International Symposium», 13—16 June, ed. N. G. Asp. Ystad, Sweden, Lund University. 1989. P. 174—188.

16. Zanoni B., Peri C., Pierucci S. A. Study of the bread-baking process — I: a Phenomenological Model. *Journal of Food Engineering*. 1993. Vol. 19. P. 389—398.

17. Сидоренко С. І. До питання про внутрішнє тепломасоперенесення при випіканні хліба. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2008. № 25, Ч. 2. С. 63—64.

18. Zanoni B., Pierucci S.A., Peri C. Study of the Bread Baking Process — II: Mathematical Modeling. *Journal of Food Engineering*. 1994. Vol. 23. P. 321—336.

19. Khater E.G., Bahnasawy A.H. Heat and Mass Balance for Baking Process. *J. Bioprocess Biotech.* 2014, 4: 190 doi: 10.4172/21559821.1000190.

20. Zheleva I., Kambourova V. Identification of heat and mass transfer processes in bread during baking. *Thermal science*. 2005. Vol. 9. No. 2. P. 73—86.

21. Tong C.H., Lund D.B. Microwave heating of baked dough products with simultaneous heat and moisture transfer. *Journal of Food Engineering*. 1993. Vol.19. P. 319—339.

22. Lucas T., Grenier D., Doursat C., Wagner M. Modelling of bread baking with a new, multi-scale formulation of evaporation-condensation-diffusion and evidence of compression in the outskirts of the crumb. *Journal of Food Engineering*. March 2015. Vol. 149. P. 24—37.

23. Dessev T., Jury V., Le-Bail A. The effect of moisture content on short infrared absorptivity of bread dough. *Journal of Food Engineering*. 2011. Vol. 104. P. 571—576.

24. Теличкун Ю. С., Теличкун В. І., Горцепасв В. Ю.. Розрахунок зміни об'єму хліба при випіканні. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2008. № 25, Ч. 2. С. 59 — 61.

25. Десик М. Г., Теличкун В. І., Теличкун Ю. С., Германчук А. І. Дослідження впливу геометричних параметрів хліба на тепломасообмінні процеси. *Харчова промисловість*. 2012. № 12. С. 203—207.

26. Десик М. Г., Теличкун Ю. С., Литовченко І. М., Теличкун В. І. Математичне моделювання прогріву тістової заготовки циліндричної форми. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2016. Т. 22, № 4. 134—140.

27. Гинзбург А. С. Теплофизические основы процесса выпечки. М.: Пищепромиздат. 1955. 474 с.

28. Брызун В. А., Аднодворцев М. Ф., Йон П. Эффективность применения STIR-технологии для выпечки пшеничных хлебобулочных изделий. *Хлебопечение России*. 2009. № 2. С. 22—25.

29. Дорохович А. Н., Дорохович В. В., Теличкун В. И., Ташева С., Вълчев Г. Обоснование режима выпечки мучных кондитерских изделий. *Хранительна наука, техника и технологии*. 2012: научни трудове на УХТ. 2012. Т. 59. С. 785—790.

30. Vanin F. M., Lucas T., Trystram G., Michon C. Biaxial extensional viscosity in wheat flour dough during baking. *Journal of Food Engineering*. Nov. 2018. Vol. 236. С. 29—35.

31. Ковальов О. В. Теличкун В. І., Олійник Н. В. Теплопоглинання в процесі випікання хліба. *Харчова і переробна промисловість*. 1999. № 5—6. С. 19.

USING OF WHEAT MALT FLOUR IN THE CREATION OF TECHNOLOGY OF RECREATIONAL BUTTER BISCUITS

V. Obolkina, A. Skrypko

National University of Food Technologies

Key words:

Flour from wheat malt

Gum arabic

Health improvement

butter biscuits

Technology

Functional ingredients

Article history:

Received 23.05.2019

Received in revised form

04.06.2019

Accepted 21.06.2019

Corresponding author:

V. Obolkina

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper examines the feasibility of using wheat malt flour as a physiologically-functional raw material for creation of a new range of butter biscuit for recreational purpose. It was determined that in the flour from wheat malt the total sugar content increased almost 10 times compared to wheat flour after saccharification, the total content of sugars increased 3 times compared to un-saccharificated flour. It is concluded that adding flour from wheat malt to wheat flour or complete replacement of wheat flour will reduce sugar content in the recipes of butter biscuit and reduce its caloric content.

Based on studies of protein fractional composition using SDS-gel electrophoresis by the method of Laemmli, it was determined that the amount of protein in flour from wheat malt decreased by 7.2%, namely gliadin and glutenin, which is capable to form gluten. The study of the technological properties of flour from wheat malt showed that during the formation of dough its dilution increases and its elasticity decreases. It is concluded that the flour from wheat malt has very low technological properties.

To improve the structural and mechanical characteristics of the dough, a hydrothermal treatment of flour has been proposed. The effectiveness of the use of gum arabic "Fibregum" as a prebiotic and regulator of the butter dough structure has been proved. It has been established that gum arabic shows ability to hydrophobic interactions with the gluten complex of flour, helps to increase extensibility and elasticity of gluten and springy-plastic properties of the dough. Based on the results of research, it is scientifically substantiated the optimal formulation and technology for recreational butter biscuits with adding flour from wheat malt and gum arabic, with reduced sugar, fat and reduced calorie. It is proved that «Solo» biscuits can be attributed to flour confectionery products for healthy purposes. By consuming biscuits based on flour from wheat malt, we can satisfy organism with vitamins, minerals, dietary fiber more than 10% of the daily physiological requirement.

ВИКОРИСТАННЯ БОРОШНА ІЗ СОЛОДУ ПШЕНИЦІ ПРИ СТВОРЕННІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗДОБНОГО ПЕЧИВА ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В. Оболкіна, А. Скрипко

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто особливість використання борошна із солоду пшениці як фізіологічно-функціональної сировини у створенні нового асортименту здобного печива оздоровчого призначення. Визначено, що у борошні з солоду пшениці загальний вміст цукрів збільшувався майже у 10 разів порівняно з пшеничним борошном, після оцукрювання загальний вміст цукрів збільшувався у 3 рази порівняно з неоцукреним борошном. Зроблено висновок, що додавання борошна із солоду пшениці до пшеничного борошна чи повна заміна пшеничного борошна уможливить зменшення вмісту цукру в рецептурах здобного печива і його калорійності.

На підставі досліджень фракційного складу білка за допомогою SDS-гель-електрофорезу за методом Леммлі визначено, що у солодовому борошні зменшено на 7,2% кількість гліадину та глютеніну, які здатні утворювати клейковину. Дослідження технологічних властивостей борошна і з солоду пшениці показали, що під час утворення тіста збільшується його розрідження та зменшується еластичність. Зроблено висновок, що солодове борошно має дуже низькі технологічні властивості.

Для підвищення структурно-механічних характеристик тіста запропоновано гідротермічне оброблення борошна. Доведено ефективність застосування гуміарабіку «Fibregit» як пребіотика та регулятора структури здобного тіста. Встановлено, що гуміарабік виявляє здатність до гідрофобних взаємодій з клейковинним комплексом борошна, сприяє підвищенню розтяжності та еластичності клейковини і підвищенню пружно-пластичних властивостей тіста. На підставі результатів досліджень науково обґрунтовано оптимальний рецептурний склад і технологію здобного печива оздоровчого призначення з додаванням борошна із солоду пшениці й гуміарабіку, зі зниженим вмістом цукру та жиру, редукованою калорійністю. Доведено, що печиво «Соло» можна віднести до борошняних кондитерських виробів оздоровчого призначення. Задоволення у вітамінах, мінеральних речовинах, харчових волокнах для печива становить більше, ніж 10% від норми добової фізіологічної потреби.

Ключові слова: борошно із солоду пшениці, гуміарабік, здобне печиво оздоровчого призначення, технологія, функціональні інгредієнти.

Постановка проблеми. Здоров'я завжди залишається однією з найголовніших цінностей людини, на його стан впливає багато чинників і одним з найважливіших є харчування. Відповідно до сучасних положень науки про здорове харчування пріоритетним напрямком розвитку кондитерської галузі є створення інноваційних технологій нового асортименту виробів з підвище-

ною харчовою цінністю. Сучасні тенденції формування здорового раціону передбачають створення кондитерських виробів зі зниженим вмістом цукру й жиру [1; 2]. Аналіз хімічного складу здобного печива показав, що більшість рецептур не відповідають вимогам нутриціології щодо співвідношення основних поживних речовин. Пшеничне борошно, яке є основною сировиною для здобного печива, характеризується невисоким вмістом білків і є незбалансованим за амінокислотним складом. Одним із напрямів поліпшення нутрієнтного складу печива є використання композитних сумішей з нетрадиційних видів борошна, зокрема борошна із солоду злакових культур [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками все більше уваги приділяється науковим дослідженням і розробленню способів перероблення рослинної сировини з підвищеним вмістом біологічно активних речовин та використання її у створенні нових борошняних кондитерських виробів (БКВ). Сучасні тенденції, спрямовані на максимальне використання усіх анатомічних частин зерна злакових культур у харчуванні людини, зумовлюють актуальність розроблення нових технологій перероблення зернових з отриманням продуктів на основі цільного зерна. Один із способів підвищення харчової цінності є пророщування зерна. Метою пророщування зерна є активація і синтез ферментів, під дією яких проходять процеси гідролізу запасних речовин. Під час проростання зерна при участі ферментів високомолекулярні речовини гідролізуються до низькомолекулярних водорозчинних компонентів. Під дією амілаз відбувається амілоліз крохмалю з утворенням різних продуктів розщеплення. Протеолітичні ферменти здійснюють гідроліз білків до пептонів і амінокислот [3; 4].

Вченими Національного університету харчових технологій доведено, що борошно із солоду різних злаків (пшениці, ячменю, жита, вівса, кукурудзи) містить у різному співвідношенні біологічно активні сполуки. У складі пророщених злаків є всі незамінні амінокислоти, найбільша кількість їх у вівсяному солоді, найменша — в ячмінному солоді. Дуже важливим аспектом з технологічного погляду є вміст цукрів у солоді, які накопичуються в зерні під час пророщування. Доведено, що під час пророщування зерна зростає кількість вітамінів, зокрема вміст водорозчинних вітамінів зростає на 66%, ніацину — на 18%, холіну — на 67%, рибофлавіну, піридоксину, аскорбінової кислоти — більш як на 100%, кількість токоферолу зростає у 55 разів. Науковцями розроблені технології продуктів харчування, які забезпечують підвищений вміст вітамінів, мінеральних речовин, рослинних ферментів, необхідний вміст ароматичних речовин [5—8].

Останнім часом продукти перероблення солоду із злакових культур широко застосовуються як у хлібопекарській промисловості, так і в кондитерській галузі. Використання проростків злакових культур у хлібопекарній промисловості дасть можливість отримати продукти з високою харчовою цінністю та оздоровчими властивостями [9; 10].

Науковці розробили технології заварних пряників і пірників з пониженою калорійністю, підвищеною харчовою та біологічною цінністю з використанням борошна ячмінного солоду [11].

Отже, використання продуктів перероблення солоду злакових культур має сприяти створенню нових видів БКВ оздоровчого призначення.

Метою дослідження є визначення технологічних властивостей борошна, отриманого з пророщеного зерна ярої пшениці; розроблення технології нового асортименту здобного печива зі зниженим вмістом цукру й жиру, підвищеним вмістом фізіологічно-функціональних інгредієнтів.

Матеріали і методи. Під час проведення досліджень використовували борошно пшеничне вищого сорту, борошно із солоду ярої пшениці (БСП), гуміарабік «Fibregum» (виробник компанія «Nexiga», Франція). Для проведення досліджень зерно ярої пшениці отримували в дослідному господарстві Інституту землеробства УААН.

У процесі дослідження використано загальноприйняті й спеціальні методи. Якість сировини, її хімічний склад аналізували за такими методиками: масову частку загального білка визначали за методом К'єльдаля; водорозчинні продукти перетворення білка в напівфабрикатах визначали колориметричним методом за допомогою реактиву Фоліна-Чокальтеу; визначення фракційного складу білка у дослідних зразках борошна проводили за методом Леммлі; вміст загального цукру в напівфабрикатах і готових виробів визначали прискореним фотоколориметричним методом з розчином біхромату калію; масову частку редукованих цукрів — фотоколориметричним методом з лужним розчином фериціаніду; масову частку глюкози — йодометричним методом, фруктози — резорциновим методом; визначення кетоз, в основу якого покладена реакція Селіванова; склад цукрів, а саме: мальтози й глюкози, визначали методом хроматографії на папері; мінеральний склад визначали за допомогою портативного рентгенофлуоресцентного аналізатора; метод визначення вітаміну Е ґрунтується на утворенні хінонів під час окиснення молекул токоферолу, екстрагованого з дослідного продукту, хлорним залізом; вміст вітаміну тіаміну (B_1) визначали методом, який заснований на окисненні тіаміну в тіохром та екстракції його в органічний розчинник, та вимірі інтенсивності флуоресценції; метод визначення вітаміну рибофлавіну (B_2) заснований на вимірюванні флуоресценції спектрофотометрично у гідролізаті з 4М KH_2PO_4 та додаванні стандартного рибофлавіну; метод визначення вітаміну B_6 ґрунтується на окисненні піридоксину перманганатом калію в кислому середовищі до 4-піридоксинової кислоти; визначення вітаміну ніацину (PP) засноване на реакції, що проходить у дві стадії. На першій стадії відбувається взаємодія піридинового кільця нікотинової кислоти з бромистим роданом. На другій стадії утворюється фарбування похідного глютаконового альдегіду, яке прямопропорційно масовій частці вітаміну та вимірюється колориметрично; метод визначення вмісту харчових волокон ґрунтується на ваговому методі, який оснований на переведенні в розчин всіх основних складових об'єкта дослідження, окрім клітковини; зміни вуглеводно-амілазного комплексу досліджували на амілографі Брабендера; зміну структурно-механічних властивостей борошнених суспензій визначали на фаринографі Брабендера; структурно-механічні властивості тіста — на приладі «Структурометр». Математичну обробку експериментальних даних та оптимізацію рецептурного складу напівфабрикатів здійснювали за допомогою багатофакторного експерименту за методом Бокса-

Уїлсона. Статистичне оброблення результатів досліджень, побудову графіків і діаграм виконували з використанням програмного забезпечення MS Office Excel і CorelDraw, MathCAD.

Результати і обговорення. Солод злакових культур містить підвищену кількість продуктів гідролізу крохмалю, зокрема цукрів, які накопичуються під час пророщення зерна завдяки дії амілолітичних ферментів. Амілолітичну активність ферментів у борошні із солоду пшениці визначали на амілографі Брабендера ASG (табл. 1).

Таблиця 1. Показники амілограм суспензій борошна пшеничного та БСП

Склад суспензії	Максимальна в'язкість суспензії, од. приладу	Температура початку клейстеризації, °С	Температура кінця клейстеризації, °С
Борошно пшеничне	650	61,5	78
БСП	56	64,4	65,5

При порівнянні параметрів клейстеризації борошна пшеничного та борошна з солоду пшениці спостерігалася не тільки різна максимальна в'язкість борошняних суспензій, але й зміна температури клейстеризації крохмалю. Різницю в'язкості клейстеризованої борошняної суспензії у різних видах борошна можна пояснити різною активністю амілолітичних ферментів. У процесі нагрівання борошняної суспензії з підвищенням температури посилюється дезагрегуюча та гідролітична дія амілолітичних ферментів борошна. Одночасно набухають та пептизуються колоїди борошна — білки, слизи і частини декстринів. З підвищенням температури до 46...55°C крохмаль частково клейстеризується, при цьому золь переходить у гель і в'язкість системи зростає. З підвищенням температури до 62...78°C крохмаль борошна остаточно клейстеризується. З подальшим підвищенням температури різко руйнується гель і знижується в'язкість суспензії.

Максимальна в'язкість борошняної суспензії з пшеничного борошна у 11,6 раза була вища, ніж із БСП. Отже, результати досліджень показали високу активність амілолітичних ферментів у борошні з пророщеної ярої пшениці.

Оклеїстеризовані зерна крохмалю доступніші для дії амілолітичних ферментів, тому викликало інтерес визначення кількості цукрів у нативному БСП та клейстеризованому способом гідротермічного оброблення (ГТО). ГТО здійснювали під час заварювання борошна гарячою водою за температурою 64...65°C.

Визначено, що у БСП загальний вміст цукрів був більше порівняно з пшеничним борошном і досягав 12,5 г/100 г продукту (табл. 2). Після гідротермічної обробки БСП загальний вміст цукрів збільшувався у 3 рази порівняно з неоцукреним борошном. При цьому вміст мальтози збільшувався у 9,2, глюкози — у 3,9 раза.

Враховуючи тенденцію до зменшення вмісту цукру білого у виробках, використання борошна з солоду злакових культур є дуже привабливим фактором як для споживача, так і для виробника. Заміна пшеничного борошна на БСП надасть змогу зменшити вміст цукру в рецептурах здобного печива та зменшити його калорійність.

Таблиця 2. Вміст цукрів у пшеничному борошні та БСП

Зразки	Вміст цукрів, г/100 г продукту				
	загальний вміст цукрів	мальтоза	глюкоза	фруктоза	сахароза
Пшеничне борошно	1,13±0,01	0,14±0,01	0,04±0,01	0,05±0,01	0,9±0,01
БСП	12,3±0,1	1,8±0,1	3,2±0,1	3,9±0,1	3,4±0,1
БСП після оцукрювання	36,7±0,1	16,6±0,1	12,5±0,1	4,1±0,1	3,5±0,1

Технологічні властивості борошна залежать від кількості і якості клейковинного комплексу. Встановлено, що кількість сирової клейковини у БСП зменшувалася порівняно з пшеничним борошном у 1,5 раза, розтяжність зменшувалася у 1,9 раза. Клейковина БСП мала низькі технологічні властивості. Ці зміни можна пояснити тим, що під час пророщування під впливом протеолітичних ферментів частина гліадину й глютеніну гідролізуються до низькомолекулярних водорозчинних білків. Визначенням фракційного складу білка у дослідних зразках борошна за методом Леммлі доведено, що у солодовому борошні зменшилася кількість гліадину та глютеніну: загальна кількість білка становила 12,1 %, з них кількість гліадину та глютеніну — 7,2%.

Структурні характеристики модельних зразків тіста з борошном пшеничним і БСП визначали за допомогою фаринографа Брабендера (табл. 3).

Таблиця 3. Характеристика фаринограм замішування модельних зразків тіста з борошна пшеничного та борошна з солоду пшениці

Показники	Значення показників модельних зразків тіста	
	з борошна пшеничного	з БСП
Водопоглинальна здатність (ВПЗ), %	59	54
Максимальна консистенція тіста, ОФ	565	520
Час створення тіста β , хв	1,7	1,0
Розрідження, ОФ	98	140
Стійкість, хв	2,4	1,2
Еластичність тіста, мм	38	22

На підставі аналізу фаринограм замішування тіста було встановлено, що водопоглинальна здатність БСП нижча, ніж пшеничного борошна; під час утворення тіста збільшується його розрідження та зменшується еластичність, тобто БСП має дуже низькі технологічні властивості.

Технологічний процес приготування здобного пісочного печива полягає у приготуванні емульсії, замішуванні тіста, формуванні тістових заготовок та їх термооброблені. Основні процеси, завдяки яким утворюється структура напівфабрикатів, відбуваються на стадії приготування тіста.

В'язко-пластичні властивості здобного пісочного тіста, яке формується методом відсаджування, створюються завдяки підвищеному вмісту жиру — від 30 до 35%. Основними компонентами дисперсійного середовища є пластифікований жировий компонент, меланж, дрібнодисперсна цукрова пудра. Тому здобне пісочне тісто належить до змішаних коагуляційно-кристалізаційних структур, які є нестабільними внаслідок процесів рекристалізації або перекристалізації жирової фази дисперсійного середовища. З урахуванням цього, під час розроб-

лення технології тістових напівфабрикатів для здобного печива зі зменшеним вмістом цукру й жиру з додаванням борошна із солоду ярої пшениці, основна увага приділялася створенню та стабілізації їх структурних властивостей.

Для створення здобного печива з підвищеною харчовою цінністю ставилося завдання замінити пшеничне борошно на БСП. Для обґрунтування оптимального рецептурного складу й технології здобного печива з додаванням БСП проведено комплекс досліджень щодо його впливу на формування структури тіста з урахуванням вимог до структурно-механічних властивостей (СМВ) під час формування тістових заготовок методом відсаджування. Тісто готували таким чином: для приготування емульсії використовували маргарин, сухе молоко, цукрову пудру, меланж і збивали протягом 15 хв; для приготування заварки частину БСП заварювали гарячою водою з температурою 65°C, яка збігалася з температурою клейстеризації крохмалю борошна. Заварку охолоджували до температури 24—25°C. У приготовлену емульсію поступово додавали заварку, обережно перемішували на малих обертах, додавали залишок БСП і перемішували протягом 2—3 хвилин. Враховуючи вимоги до виробів з редукованою калорійністю кількість цукру в рецептурі зменшували на 40% (табл. 4).

Таблиця 4. Рецептурний склад тіста для здобного печива з додаванням БСП

Сировина	Витрати сировини на 100 кг тіста, кг	
	Контрольний зразок печиво «Пісочне домашнє»	Печиво з додаванням БСП
Пшеничне борошно, в/с	48,5	—
БСП	—	51,2
Цукрова пудра	15,5	6,0
Маргарин	30,7	30,5
Молоко сухе	0,4	0,4
Меланж	1,6	1,6
Натрій двовуглекислий	0,3	0,3
Вода на заміс	3,0	10,0
<i>Усього</i>	100,0	100,0
МЧВ тіста, %	16,5	20,5

Внаслідок додавання заварки із БСП гранична напруга зсуву (ГНЗ) напівфабрикату підвищувалася, але тістові заготовки після відсаджування не тримали форму фільтри й розпливалися. Для стабілізації структури додавали камедь акації — гуміарабік. Вченими доведено, що внесення гуміарабіку сприяє підвищенню пружно-пластичних властивостей тіста [12—14].

Аналіз фаринограм замішування показав, що в модельних зразках тіста з додаванням гуміарабіку зменшується водопоглинальна здатність і розрідження тіста, збільшується його еластичність і час створення (табл. 5).

Отже, на підставі проведених досліджень зроблено висновок про доцільність додавання гуміарабіку для корегування структурних властивостей тіста на основі БСП. Для перевірки цього твердження до складу приготованої заварки додатково вносили від 1,5 до 3,5% гуміарабіку до кількості БСП.

Аналіз досліджень СМВ тіста з додаванням гуміарабіку до заварки показав збільшення загальної і пружної деформації, граничної напруги зсуву тіста (табл. 6).

Таблиця 5. Характеристика фаринограм замішування модельних зразків тіста з БСП і додаванням гуміарабіку

Показники	Значення показників тіста		
	з БСП	з БСП та додаванням	
		1,5% гуміарабіку	3,5% гуміарабіку
ВПЗ, %	54,0	51,8—50,9	51,2—49,6
Максимальна консистенція тіста, ОФ	520	524	528
Час створення тіста β, хв.	1,0	1,5	1,5
Розрідження, ОФ	140	128	124
Стійкість, хв.	1,2	1,0	1,0
Еластичність тіста, мм	22	28	29,5

Таблиця 6. Структурно-механічні властивості тіста для здобного печива на основі БСП з додаванням гуміарабіку

Зразок тіста	ΔН _{зар.} , од. пр.	ΔН _{пл.} , од. пр.	ΔН _{пр.} , од. пр.	ΔН ^{відн.} _{пл.} %	ΔН ^{відн.} _{пр.} %	ГНЗ, кПа
Без додавання гуміарабіку	6,65	6,00	0,65	90,2	9,8	2,4
З додаванням гуміарабіку						
1,5 %	7,2	6,34	0,86	88,1	11,9	2,65
2,0 %	7,85	6,91	0,94	88,0	12,0	2,9
3,5 %	8,25	7,2	1,05	87,3	12,7	3,2

Збільшення граничної напруги зсуву й пружної деформації тіста з додаванням гуміарабіку у заварку можна пояснити утворенням міцних структурних зв'язків у дисперсійному середовищі, що пов'язано зі зв'язуванням вільної вологи харчовими волокнами полісахариду.

Молекула гуміарабіку має поліелектролітну природу та виявляє здатність до гідрофобних взаємодій з клейковинним комплексом і утворення нековалентних зв'язків. Це впливає на властивості клейковини і сприяє підвищенню пружно-пластичних властивостей тіста.

Оптимізацію рецептурної композиції тістового напівфабрикату проводили за допомогою багатофакторного експерименту. Метою оптимізації було отримання тістового напівфабрикату з певними СМВ зі значенням граничної напруги зсуву (Y) в межах 2,6—3,2 кПа, що досягалося співвідношенням рецептурних компонентів і масової частки вологи тіста. На підставі проведеної оптимізації отримано рівняння регресії:

$$Y = 2,80 + 0,35 \cdot X_1 - 0,28 \cdot X_2 + 0,34 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,34 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3,$$

де X_1 — кількість гуміарабіку; X_2 — вміст маргарину; X_3 — масова частка вологи тіста.

За результатами оптимізації рецептурного складу тіста для здобного печива встановлено, що рекомендована гранична напруга зсуву 3,2 кПа досягається дозуванням 3,0% гуміарабіку до кількості БСП, вміст маргарину — 22,5%, масова частка вологи тіста — 22,5%.

На підставі проведених досліджень науково обґрунтовано та розроблено технологію здобного печива «Соло» [15].

Вміст цукру знижено в печиві «Соло» на 65%, вміст жиру — на 24%, калорійність печива знижена на 26% порівняно з контрольним зразком печива (табл. 7). Тобто здобне печива «Соло» можна віднести до виробів з редукованою калорійністю.

Таблиця 7. Вміст цукру, жиру та калорійність здобного печива

Зразок здобного печива	Вміст цукру, г/100г	Вміст жиру, г/100г	Калорійність, ккал
«Пісочне домашнє» (контроль)	20,7	30,9	546
«Соло»	7,1	23,2	404

Основними вимогами до борошняних кондитерських виробів оздоровчого призначення є збільшення кількості есенціальних нутрієнтів: незамінних амінокислот, вітамінів, мікро- та макроелементів, введення до рецептурного складу пребіотиків. При цьому кількість вітамінів і мінеральних речовин у 100 г продукту повинна бути не менше ніж 10% норми добової фізіологічної потреби людини; розчинних харчових волокон — не менше ніж 0,2 г/100г, нерозчинних — не менше ніж 2,0 г/100 г продукту [16].

Встановлено, що вміст вітамінів у печиві «Соло» збільшився у 4,6 раза, вміст харчових волокон у 8,3 раза порівняно з контрольним зразком. Задоволення потреби у вітамінах і харчових волокнах для печива «Соло» становило 15,8%, тобто більше ніж 10% від норми добової фізіологічної потреби людини (табл. 7). Кількість пребіотика гуміарабіка становить для печива «Соло» — 2,1/100 г.

Таблиця 7. Кількість вітамінів і харчових волокон у 100 г печива від норми добової фізіологічної потреби людини

Зразок печива	Кількість вітамінів і харчових волокон у 100 г печива від норми добової фізіологічної потреби людини, %					
	Е	В ₁	В ₂	В ₃	РР	ХВ
«Пісочне домашнє» контроль	0,87	0,12	0,08	0,67	0,67	0,88
«Соло»	5,42	0,25	0,22	2,01	3,17	7,28
Добова потреба	10	1,5	1,8	20	20	30

ХВ — харчові волокна.

Вміст мінеральних речовин у здобному печиві «Соло» збільшився у 1,5 раза (табл. 8).

Таблиця 8. Вміст мінеральних речовин у розробленому печиві

Зразки печива	Кількість мінеральних речовин, мг/ 100 г							
	К	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Mn	заг. к-ть
«Пісочне домашнє»	81,42	19,99	9,98	54,73	0,71	0,42	0,27	167,52
«Соло»	158,3	31,89	89,41	335,5	2,19	3,77	0,83	621,89
Добова потреба	3500	1000	400	1000	14	15	5	2400

Задоволення потреби у мінеральних речовинах печива з додаванням БСП становить більше ніж 10% від норми добової фізіологічної потреби.

Отже, здобне печиво «Соло» з повною заміною пшеничного борошна на борошно з солоду пшениці має підвищений вміст фізіологічно-функціональних інгредієнтів. Завдяки внесенню гуміарабіку, який має антиоксидантні властивості та збільшенню у печиві вітаміну Е, термін придатності печива становить 4 місяці.

Висновки

На підставі досліджень науково обґрунтовано доцільність використання борошна з солоду пшениці та гуміарабіку «Fibregum» і розроблено технологію здобного печива зі зниженим вмістом цукру й жиру, редукованою калорійністю, підвищеним вмістом есенціальних нутрієнтів: незамінних амінокислот, мінеральних речовин, вітамінів, харчових волокон.

Доведено, що печиво «Соло» можна віднести до борошняних кондитерських виробів оздоровчого призначення.

Література

1. Капрельянци Л. В., Іоргачова К. Г. Функціональні продукти: монографія. Одеса: Друк, 2003. 334 с.
2. Mark-Herbert C. Functional Foods for Added Value: Developing and Marketing a New Product Category: Doctoral thesis Text. Uppsala, 2002. 170 p.
3. Продукти з пророщеного зерна / А. І. Українець, В. М. Ковбаса, Л. О. Федоренченко, Т. І. Романовська, С. А. Бажай. *Харчова та переробна промисловість*. 2002. № 8. С. 14—15.
4. Казаков Е. Д., Карпиленко Е. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов : учеб. пособ. Санкт-Петербург : ГИОРД, 2005. 512 с.
5. Смелянова Н. О. Технологія солодових екстрактів, концентратів квасного суслу і квасу. Київ: УДУХТ, 1994. 151 с.
6. Шаран А. В. Розроблення технологій оброблення пророслих зерен та рекомендації щодо їх використання : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.02. Київ, 2004. 212 с.
7. Бажай С. А., Федоренченко Л. О., Українець А. І. Дослідження впливу пророщування зерна пшениці на зміну вмісту вітамінів групи В. *Харчова промисловість*. 2004. № 3. С. 105—106.
8. Українець А. І., Смелянова Н. О., Потапенко С. І., Мукоїд Р. М. Змінення хімічного складу злаків як сировини для лікувально-оздоровчого харчування в процесі їх солодоращення. *Харчова та переробна промисловість*. 2005. № 4. С. 73—75.
9. Акжигитова Л., Іунихина В., Дюнина Е. Солодовые продукты для хлебопечения. *Хлебопродукты*. 2003. № 5. С. 26—27.
10. Сысуев В. А., Лаптева Н. К., Кедрова Л. И. Использование ржаного солода в производстве кексов. *Хлебопекарное производство*. 2006. № 6. С. 33—34.
11. Ковбаса В., Оболкіна В., Смелянова Н. Солодове борошно у кондитерських виробках. *Продовольча індустрія АПК*. 2010. № 3—4. С. 28—31.
12. Духу Т. А. Розробка технології сахарного печення функціонального призначення: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / МГУПП. Москва, 2004. 200 с.
13. Плащина И. Г., Булатов М. А., Игнатов М. Ю., Хаддад Д. М. Гуммиарабик: функциональные свойства и области применения. *Пищевая промышленность*. 2002. № 6. С. 54—55.
14. Acacia gum is a bifidogenic dietary fiber with high digestive tolerance in healthy humans / С. Cherbut, С. Michel, V. Raison, Т. Kravtchenko, S. Meanse. *Microbial Ecology in Health and Disease*. 2003. № 15. P. 43—50.
15. Печиво «Соло» : пат. 91572 Україна: МПК А23G 3/00 № u 201401003; заявл. 03.02.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13.
16. ДСТУ 7346:2013. Вироби кондитерські борошняні спеціального дієтичного призначення. Загальні технічні умови. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 15 с.

INVESTIGATION OF WAYS FOR PREVENTION OF “LATE BLOWING” IN HARD CHEESES

N. Shulga, N. Gapchenko

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

Key words:

Butyric acid fermentation
Propionic acid bacteria
Lactic acid bacteria
Lysozyme
Potassium nitrate
Hard cheese

Article history:

Received 17.05.2019
Received in revised form
28.05.2019
Accepted 14.06.2019

Corresponding author:

N. Shulga
E-mail:
shulga.palmira@
gmail.com

ABSTRACT

The paper states the searching of effective methods for prevention of the “late blowing” defect in hard cheeses due to the growth of butyric acid bacteria *Clostridium tyrobutyricum* that is an actual problem. It is substantiated that a promising way of clostridia inactivation is the preliminary introduction of the natural enzyme of lysozyme derived from egg protein into the pasteurized milk, which causes lysis of these bacteria cell walls in contrast to the traditional method, by treatment with potassium nitrate.

The purpose of the study was the investigation of effectiveness of potassium nitrate and the enzyme preparation of lysozyme usage in order to prevent the butyric fermentation in hard cheeses.

To solve the problem, a comprehensive analysis of bactericidal action of antibacterial agents has been carried out using standard and modified research methods.

The methodology of laboratory studies was based on the assessment of the effect of potassium nitrate with concentration of 200 mg/kg and 300 mg/kg of milk and the enzyme preparation of lysozyme with activity of $9 \cdot 10^6$ units/cm³ at a dose of 100 mg/kg as the main technically important starter bacteria in cheesemaking. The presented data include analysis of the inhibition level of different species of lactic acid bacteria and propionic acid bacteria under the influence of tested bactericidal compounds as well as their ability to produce aromatics and gas formation. It has been shown that the loss of activity of *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermani* was 2.0—2.8 times lower due to enzyme using compared to the action of nitrate. The effectiveness of the clostridium inhibition by lysozyme with dosage 100 mg/dm³ of growth medium has been investigated. The application of technology of milk processing by lysozyme after adding starter under industrial conditions guaranteed microbiological safety at the initial stages of cheese production, preventing the development of butyric acid fermentation, and all mature cheeses were characterized by high organoleptic characteristics.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ЗАПОБІГАННЯ ВАДІ «ПІЗНЕ СПУЧУВАННЯ» У ТВЕРДИХ СИРАХ

Н. М. Шульга, Н. О. Гапченко

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

*У статті визначено, що пошук ефективних способів запобігання ваді «пізне спучування» у твердих сирах, яка зумовлена розвитком маслянокислих бактерій виду *Clostridium tyrobutyricum*, є актуальною проблемою. Обґрунтовано, що на відміну від традиційного засобу інактивації клостридій у сирній масі шляхом обробки нітратом калію, перспективним способом їх знешкодження є попереднє внесення у пастеризоване молоко природного ферменту лізоциму, отриманого з яєчного білка, який спричиняє лізис клітинних стінок вказаних бактерій.*

Досліджено ефективність застосування нітрату калію та ферментного препарату лізоциму для запобігання маслянокислому бродінню у твердих сирах. Проведено всебічний аналіз бактерицидної дії антибактеріальних препаратів з використанням стандартних і модифікованих методів досліджень.

*Методологія лабораторних досліджень ґрунтувалася на оцінці впливу на основну заквашувальну мікрофлору твердих сирів нітрату калію у кількостях 200 мг/кг та 300 мг/кг молока та ферментного препарату лізоциму з активністю $9 \cdot 10^6$ од/см³ за дози внесення 100 мг/кг. Представлені дані охоплюють аналіз рівня інгібування молочнокислих бактерій різних видів і пропіоновокислих бактерій під дією вказаних бактерицидних сполук, а також їх здатність до продукування смако-ароматичних сполук і газотворення. Показано, що при використанні ферментного препарату втрата активності заквашувальних культур виду *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermani* була у 2,0—2,8 рази нижча, ніж під дією селітри. Досліджено ефективність пригнічення збудників маслянокислого бродіння лізоцимом у концентрації 100 мг/дм³ ростового середовища. Застосування технології обробки молока лізоцимом у промислових умовах після заквашування молочної суміші гарантувало мікробіологічну безпеку вже на початкових стадіях виробництва сиру, запобігаючи розвитку маслянокислому бродінню, а всі зрілі сири характеризувалися високими органолептичними показниками.*

Ключові слова: *маслянокисле бродіння, пропіоновокислі бактерії, молочнокислі бактерії, лізоцим, нітрат калію, тверді сири.*

Постановка проблеми. Виробництво твердих сичужних сирів вирізняється серед іншої молочної продукції залежністю від мікробіологічних показників сировини та особливими технологічними режимами обробки. Наявність у молочній суміші великої кількості сторонньої мікрофлори може призвести до утворення ряду вад у готовому продукті. Окрім цього, більшість

сирів після виготовлення визрівають упродовж тривалого часу, і, на жаль, за умов дозрівання в них можуть розмножуватися не лише заквашувальні мікроорганізми, а й технічно шкідливі.

Однією з найнебезпечніших вад твердих сирів є так зване «пізні спучування», що полягає у збільшенні об'єму сирних головок та утворенні тріщин усередині сирної маси внаслідок інтенсивного газоутворення у другій половині визрівання. Процес супроводжується виділенням неприємного прогіркого запаху масляної кислоти, сири набувають масткої консистенції, а колір змінюється на білувато-сірій [1]. Збудником вади є маслянокислі бактерії виду *Clostridium tyrobutyricum*, що зброджують лактати з утворенням масляної та оцтової кислот, а також великої кількості вуглекислого газу і водню. Бактерії цього виду класифікують як спороутворювальні строгі анаероби, тобто вони розвиваються лише в умовах, де неможливий доступ повітря (всередині головки сиру, при герметичному пакуванні продукту). Джерелом забруднення є корми, погано сквашена силосна маса, звідки вегетативні клітини та спори потрапляють через травну систему тварин у молоко, особливо в осінньо-зимовий період [2].

Маслянокислі бактерії є найбільш небезпечними збудниками недоліків твердих сирів, оскільки[3]:

- забруднення молока маслянокислими бактеріями проходить поза межами молочного заводу, і сиророби обмежені в можливості запобігти цьому;
- режими пастеризації молока під час виробництва сиру (72—76°C упродовж 20 с) не інактивують бактеріальних спор;
- маслянокислі бактерії, які зброджують лактати, забезпечені поживними речовинами протягом усього періоду дозрівання сирів;
- сир, вражений вадою «пізні спучування», не може бути використаний для вторинної переробки (наприклад, як сировина для плавленого сиру), що завдає значних матеріальних збитків виробникам.

Саме тому пошук ефективних методів знешкодження маслянокислих бактерій під час виробництва твердих сирів і запобігання дефекту «пізні спучування» залишається актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сучасному етапі вченими постійно проводяться дослідження з розробки дієвих заходів боротьби з вадою «пізні спучування» в сироробстві. Найбільш вразливі сири швейцарської групи, для яких характерна висока температура визрівання, помірний рівень активної кислотності та незначний вміст кухонної солі. Однак сири з низькою температурою другого нагрівання та формуванням сирних головок з пласта, а також з підвищеним рівнем молочнокислого процесу також можуть зазнавати враження маслянокислим бродінням. Ступінь вираження цієї вади сирів залежить від початкового рівня забруднення молока *Clostridium tyrobutyricum*, вміст яких у сировині може досягати $(2—4) \cdot 10^3$ КУО/дм³. Є відомості, що у зрілих сирах російської групи віком 45 днів за визрівання за температури 10—12°C при забрудненні вхідної сировини спорами цього виду маслянокислих бактерій виявляли до $5 \cdot 10^6$ КУО/г вегетативних клітин [3; 4].

Відомі технологічні, хімічні та біологічні методи, які дають змогу запобігти псуванню сирів клостридіями з одночасним збереженням їх якості, однак

жоден з них не є досконалим. Достатньо ефективним технологічним способом, що знижує небезпеку маслянокислого бродіння, є бактофугування молока. Однак ця технологічна операція передбачає використання дорогого устаткування і вимагає значних енерговитрат. Також перспективні біологічні методи, засновані на використанні антагоністичних властивостей бактерій, що беруть участь в дозріванні, але вони непридатні для вироблення сирів з високою температурою другого нагрівання внаслідок чутливості заквашувальних культур до дії специфічних сполук метаболізму.

Основним традиційним засобом інактивації лактатзброджувальних спорових форм у сироробстві, передбаченим чинними технологічними інструкціями, є застосування калієвої чи натрієвої селітри, яку вносять у молочну суміш після заквашування чи у сирне зерно. Інгібуючу дію на активність цієї сторонньої мікрофлори спричиняють нітрити — первинні продукти відновлення нітратів. Недоліком цього способу є негативний вплив вказаних солей на заквашувальну мікрофлору, завдяки якій формується смако-ароматична композиція сирів під час визрівання. Відомо про підвищену чутливість, зокрема, пропіоновокислих бактерій до дії селітри [5]. Ці мікроорганізми, розвиваючись під час визрівання сиру за спеціальних режимів підвищеної вологості та температури, ініціюють пропіоновокисле бродіння. В результаті зрілий продукт набуває специфічного присмаку, головки сиру на розрізі мають крупні вічки правильної форми.

Альтернативою внесення селітри може бути використання лізоциму — ферменту класу мурамідаз, виділеного з яєчного білка. Механізм дії лізоциму ґрунтується на пригніченні росту вегетативних клітин *Clostridium tyrobutyricum* шляхом часткового чи повного лізису мембрани клітинної стінки бактерій [6]. Останнім часом впровадженню такого біотехнологічного методу для поліпшення мікробіологічних показників молока приділяється багато уваги як вітчизняними науковцями, так і практиками-виробниками сиру [7]. На вітчизняних молокопереробних підприємствах широке впровадження лізоциму у сироробстві обмежене, в тому числі внаслідок недостатньої інформації щодо впливу цього інгредієнта на перебіг молочнокислого процесу та формування показників якості зрілих сирів.

Метою статті є дослідження ефективності застосування нітрату калію та ферментного препарату лізоциму для запобігання ваді «пізнього спучування» у твердих сичужних сирах.

Матеріали і методи. Дослідження проводили на базі лабораторій Інституту післядипломної освіти НУХТ з використанням штамів мезофільних і термофільних молочнокислих, пропіоновокислих та маслянокислих бактерій з колекції Інституту продовольчих ресурсів НААН. У процесі дослідження застосовували рідкий ферментний препарат Delvo®Zyme L виробництва компанії DSM з активністю лізоциму $9 \cdot 10^6$ од/см³ (вміст сухої речовини 22%). Рівень інгібування лактобактерій визначали в рідкому поживному середовищі MRS, пропіоновокислих — у рідкому лактатному середовищі на підставі аналізу урожайності окремих штамів (кількість інокуляту — 3%) упродовж визначеного терміну інкубування при внесенні відповідної речовини за показником оптичної густини. Кількість утвореного ароматоутворюючими

культурами діацетилу у молоці аналізували за методом Залашко у модифікації, а накопичення вуглекислого газу пропіоновокислими бактеріями у лактатному середовищі — методом перегонки [8]. Вплив лізоциму на ріст маслянокислих бактерій визначали шляхом культивування штаму *Clostridium tyrobutyricum* у рідкому середовищі Ласса з подальшим підрахунком чисельності вказаних бактерій [9]. Виробки твердих сирів та їх органолептичну оцінку здійснювали в промислових умовах ТОВ «Світловодський маслосирзавод».

Результати і обговорення. Для проведення досліджень застосовували такі дози бактерицидних засобів: KNO_3 вносили у кількостях, що передбачені технологічними інструкціями з виробництва твердих сичужних сирів українського асортименту — від 200 мг до 300 мг на кг молочної суміші, ферментний препарат лізоцим — у дозі 100 мг на кг молока. До роботи було залучено промислово цінні штами як молочнокислих бактерій родів *Lactococcus* і *Lactobacillus*, так і пропіоновокислих бактерій, що входять до складу заквасок для виробництва твердих сирів. Рівень інгібування заквашувальних культур оцінювали порівняно з показниками росту в аналогічних умовах без внесення селітри чи лізоциму за таких умов росту: мезофільних лактококів — упродовж 12 год за температури 30°C, термофільних стрептококів та лактобацил — упродовж 8 год за температури 40°C, пропіоновокислих бактерій — упродовж 48 год за температури 24°C. Результати досліджень представлено у табл. 1.

Таблиця 1. Вплив нітрату калію та лізоциму на розвиток заквашувальних культур

Мікроорганізми	Кількість досліджених штамів	Рівень інгібування, %		
		KNO_3 , 200 мг/дм ³	KNO_3 , 300 мг/дм ³	лізоцим, 100 мг/дм ³
<i>Lactococcus lactis ssp. lactis</i>	8	5—10	5—20	5—10
<i>Lactococcus lactis ssp. cremoris</i>	8	5—25	10—30	5—20
<i>Lactococcus lactis ssp. diacetylactis</i>	12	5—20	10—25	5—15
<i>Streptococcus thermophilus</i>	10	0—5	5—15	5—10
<i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i>	7	0	0—10	0—5
<i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	7	0—15	5—20	0—10
<i>Propionibacterium freudenreichii ssp. shermani</i>	4	20—60	30—85	10—30

Серед молочнокислих бактерій найчутливішими до дії селітри були мезофільні лактококи, окремі штами *L. lactis ssp. cremoris* зазнавали до 25% втрати активності під час культивування у середовищі з концентрацією KNO_3 200 мг/дм³, і з підвищенням вмісту селітри рівень інгібування збільшувався до 30%. Також чутливими до дії цієї сполуки були й ароматоутворюючі бактерії *Lactococcus lactis ssp. diacetylactis*, які сповільнювали швидкість росту на 5—25%. Вплив KNO_3 у зазначених концентраціях на розвиток термофільних стрептококів і лактобацил був менш значним (10—15%), а молочнокислі палички видів *L. casei* та *L. plantarum* вирізнялися стійкістю до дії цієї речовини. Схожі результати було отримано при визначенні впливу лізоциму у концентрації 100 мг/дм³ на ростові характеристики лактобактерій. Під дією

цього ферментного препарату активність мезофільних молочнокислих культур знижувалася максимум на 20%, лактобацили також демонстрували чутливість до лізоциму. Пропіоновокислі бактерії характеризувалися інтолерантністю стосовно KNO_3 , рівень пригнічення їх розвитку в рідкому поживному середовищі за внесення селітри у кількості 200 мг/дм^3 та 300 мг/дм^3 досягав 20—60% та 30—85% відповідно. Натомість при застосуванні лізоциму дані культури зберігали достатньо високий рівень активності: лише один з чотирьох досліджуваних штамів *P. freudenreichii* ssp. *shermani* уповільнював розвиток на 30%, рівень інгібування інших штамів цим ферментом був у межах 10—20%.

Варто зазначити, що вплив досліджуваних бактерицидних препаратів на молочнокислі бактерії у промислових умовах можна нівелювати, збільшивши дозу закваски. Щодо пропіоновокислих бактерій, то їх підвищена чутливість до калієвої селітри є критичною та істотно впливає на якість готового продукту, не даючи змоги отримати сир з притаманним смаком і вираженим рисунком. Тобто очевидно, що для виробництва сирів, технологія яких передбачає пропіоновокисле бродіння, внесення селітри небажане, альтернативою цьому традиційному способу захисту сирів може бути застосування ферментного препарату лізоциму.

На користь цього висновку свідчать і дані проведених досліджень з порівняння впливу KNO_3 та лізоциму на здатність чотирьох штамів пропіоновокислих бактерій до газоутворення у рідкому лактатному середовищі (рис. 1).

Упродовж 48 год культивування за температури 24°C у контрольному середовищі без додавання бактерицидних речовин *Propionibacterium* накопичували понад 420 мг/дм^3 вуглекислого газу. Внесення калієвої селітри у кількості 200 мг/дм^3 та 300 мг/дм^3 знижувало цей показник у середньому в 1,9 та 2,3 раза відповідно. При використанні 100 мг/дм^3 лізоциму інтенсивність утворення CO_2 пропіоновокислими бактеріями залишалася достатньо високою, досягаючи 370 мг/дм^3 . Отримані результати підтверджують негативний вплив селітри на цей вид заквашувальної мікрофлори та перевагу застосування ферменту лізоциму у виробництві твердих сирів типу «Мааздам».

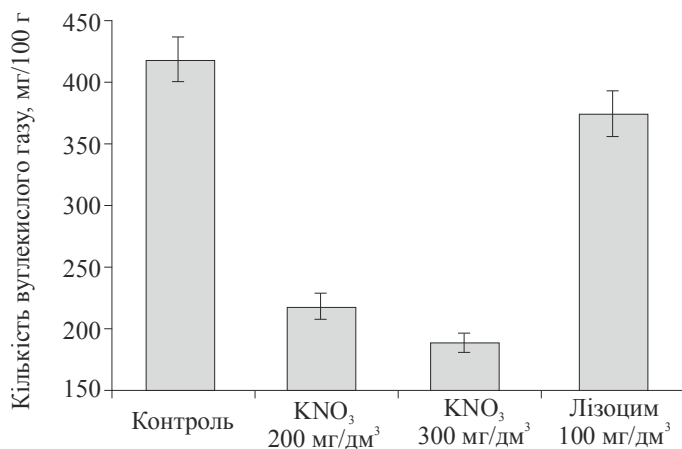


Рис. 1. Вплив нітрату калію та лізоциму на здатність *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermani* до газоутворення

У формуванні органолептичних показників твердих сирів голландської групи важливу роль відіграють лактококи виду *Lactococcus lactis ssp. diacetylactis* завдяки утворенню широкої гами смако-ароматичних речовин, зокрема діацетилу. Оскільки внаслідок дії досліджуваних бактерицидних засобів спостерігали доволі істотну втрату активності заквашувальних культур, то важливо було прослідкувати вплив цих сполук на здатність 12 штамів підвиду *L. diacetylactis* до утворення діацетилу (рис. 2).

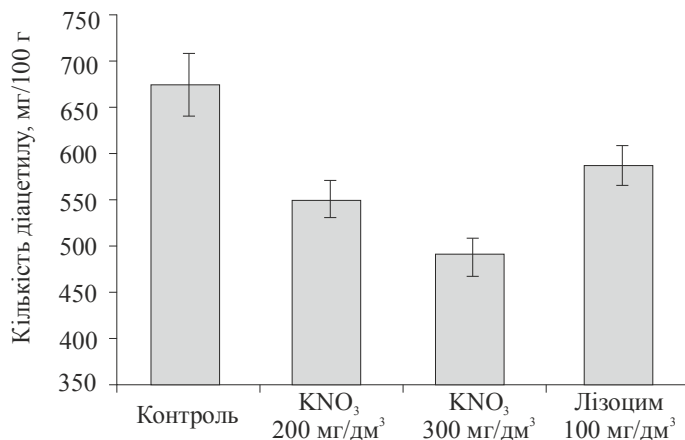


Рис. 2. Вплив нітрату калію та лізоциму на здатність *Lactococcus lactis ssp. diacetylactis* до утворення діацетилу

Як свідчать отримані результати, втрати здатності до продукування діацетилу ароматоутворюючими молочнокислими бактеріями при внесенні KNO₃ у кількості 200 мг на дм³ молока становили від 5% до 27%, а в разі збільшення дози селітри до 300 мг/дм³ досліджуваний показник досягав значень 10—30%. Слід зазначити, що отримані показники дещо вищі за дані щодо пригнічення ростових характеристик цих культур. Це може бути свідченням того, що застосування KNO₃ у зазначених концентраціях позначалося також і на зміні біохімічних властивостей окремих штамів. В разі застосування 100 мг/дм³ лізоциму кількість виділеного діацетилу знижувалася на 9—16% порівняно з контролем.

Ефективність дії лізоциму на збудників вади «пізніє спучування» бактерій виду *Clostridium tyrobutyricum* було досліджено лабораторним шляхом під час експозиції у рідкому середовищі Ласса за анаеробних умов упродовж 14 год за температури 37°C (рис. 3).

Початковий рівень інокуляції маслянокислими бактеріями становив $1 \cdot 10^4$ КУО/см³. В разі внесення у середовище ферменту у кількості 100 мг/дм³ чисельність клостридій упродовж визначеного терміну культивування знижувалася більше ніж на 2,5 порядки, досягаючи 30 КУО/см³, причому знешкодження вегетативних клітин спостерігали вже через 2 год після обробки. Без додавання лізоциму у модельному середовищі за 14 год експозиції маслянокислі бактерії демонстрували ріст, збільшивши чисельність у 1,5 раза. Тож отриманий рівень інгібування *Clostridium tyrobutyricum* достатній для забез-

печення показників сиропридатності молочної сировини згідно з чинними вітчизняними вимогами.

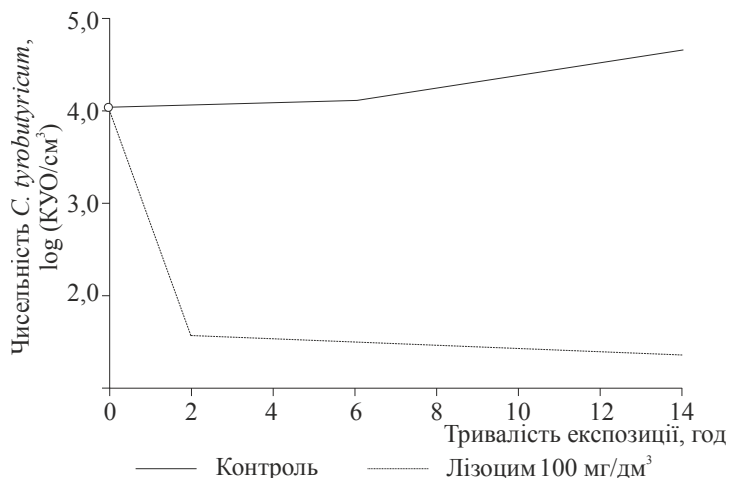


Рис. 3. Вплив лізоциму на ріст *Clostridium tyrobutyricum*

Порівняння способів захисту твердих сирів від маслянокислого бродіння у промислових умовах було проведено шляхом органолептичної оцінки двох партій сирів «Сметанковий» віком 60 днів, що були вироблені у період підвищеного забруднення сировини споровими лактатзброджувальними бактеріями. Першу партію виготовляли за традиційною технологією з додаванням KNO_3 у кількості 300 г на 1 т молока у сирне зерно перед його другим нагріванням, другу партію — шляхом внесення 100 г/т лізоциму у молочну суміш після заквашування. Інші технологічні режими та інгредієнти були ідентичними. Визрівання обох варіантів запакованих у бар'єрну плівку сирів здійснювали у камері з температурою 11°C за відносної вологості повітря 85%. Зрілий сир, під час виробництва якого використовували нітрат калію, характеризувався нижчими балами за смак та аромат порівняно з продуктом, виготовленим з додаванням лізоциму. Крім того, застосування обробки молока ферментним препаратом дало змогу мінімізувати відбракування сирів з вадою «пізніє случування». Варто відзначити, що за традиційним методом запобігання розвитку кластридій селітрою бактерицидна дія цього інгредієнта проявлялася лише під час визрівання сирів, тоді як активність лізоциму гарантувала мікробіологічну безпеку сировини вже на початкових стадіях технологічного процесу.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці та впровадженні у виробництво нових видів молочних продуктів, технологія яких передбачає попередню обробку сировини ферментними препаратами лізоциму.

Висновки

1. Проведено порівняння рівня інгібування основних заквашувальних культур для сироробства (мезофільних лактококів, термофільних стрептококів, лактобацил і пропіоновокислих бактерій) під впливом нітрату калію у

кількостях 200 мг/дм³ та 300 мг/дм³ та лізоциму у кількості 100 мг/дм³. Показано, що при використанні ферментного препарату втрата активності штамів *Propionibacterium* була у 2,0—2,8 раза нижча, ніж під дією селітри.

2. Встановлено, що застосування лізоциму менш згубно діє на здатність пропіоновокислих бактерій до газоутворення, ніж певні дози калієвої селітри.

3. Простежено вплив нітрату калію та лізоциму на рівень продукування діацетилу ароматоутворюючими молочнокислими бактеріями у молоці.

4. Досліджено ефективність дії лізоциму на бактерії виду *Clostridium tyrobutyricum* у лабораторних умовах, а промисловими тестами доведено перевагу застосування цього ферментного препарату для запобігання ваді «пізні спучування» у твердих сирах.

Література

1. Практические рекомендации сыроделам: 197 вопросов и ответов / под ред. П. Л. Г. МакСунни. Санкт-Петербург: Профессия, 2010. 373 с.

2. Panelli S., Brambati E., Bonacina C., Feligini M. Detection of *Clostridium tyrobutyricum* in milk to prevent late blowing in cheese by automated ribosomal intergenic spacer analysis. *Journal of Food Science*. 2013. Vol. 78, No. 10. P. 1569—1574.

3. Гудков А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / под ред. С. А. Гудкова. Москва: ДеЛи принт, 2003. 800 с.

4. Lopez-Enriques L., Rodrigues-Lazaro D., Hernandez M. Quantitative detection of *Clostridium tyrobutyricum* in milk by real-time PCR. *Applied and Environmental Microbiology*. 2007. Vol. 73, No. 11. P. 3747—3751.

5. Thierry A., Deutsch S.-M., Falentin H., Dalmasso M. New insight into physiology and metabolism of *Propionibacterium freudenreichii*. *International Journal of Food Microbiology*. 2011. Vol. 149, No. 1. P. 19—27.

6. Brasca M., Morandi S., Silveti T., Rosi V., Cattaneo S. Different analytical approaches in assessing antibacterial activity and the purity of commercial lysozyme preparations for dairy application. *Molecules*. 2013. Vol. 18. P. 6008—6020.

7. Машкін М. І., Могутова В. Ф., Литвин Т. О. Розробка біотехнології питного пастеризованого молока покращеними функціональними властивостями. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. Вінниця, 2013. Вип. 3(73). С.185—191.

8. Инихов Г. С., Брио Н. П. Методы анализа молока и молочных продуктов. Москва: Пищевая промышленность. 1971. 275 с.

9. Інструкція щодо організації виробничого мікробіологічного контролю на підприємствах молочної промисловості / за ред. Г. О. Єресько. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2014. 372 с.

REDUCTION OF SUCROSE LOSSES DURING SUGAR BEET STORAGE

V. Milkevych

Institute of Post-Diploma Training of National University of Food Technologies

Key words:

*Sugar beet
Respiration
Storage time
Loss of sucrose*

Article history:

Received 10.05.2019
Received in revised form
29.05.2019
Accepted 07.06.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

General loss of sucrose during storage of sugar beet roots mainly is due to the biochemical processes associated with roots breathing and microbiological processes. These processes depend on the physical state of roots, conditions and terms of storage. Loss of sucrose is due to biochemical processes at the first days after the arrival of beets to the factory. Therefore, it is necessary to create conditions in the first period of storage for rapid healing of damages that reduces the average daily loss of sucrose. Definition of the influence of each of these factors is particularly important in order to know intensity of respiration and to develop organizational and technical measures for reduction of sucrose loss.

Analysis of factors influencing the loss of sucrose during storage of sugar beet was carried out. Efficiency of “Korzid” agent was determined on the basis of polyhexsamethylguanidine (PHMG). Ways to reduce the loss of sucrose, to preserve the technological qualities of sugar beet during storage were recommended. In order to reduce loss of sucrose during storage of sugar beet it is necessary to fulfill the following:

- to observe technology of sugar beet cultivation, use in time and balanced rates of mineral and organic fertilizers, especially nitrogen;
- sugar beet harvesting should be carried out in optimal terms as the technical ripeness of sugar beet is the first factor in determining the terms of beet harvesting;
- to prevent and to decrease negative impact of pile rot during sugar beet storage it is necessary to implement modern biocide agents on the basis of polyhexsamethylguanidine (PHMG)
- it is necessary to reduce temperature in piles and loss of sucrose during storage, apply active ventilation with air humidification. In the absence of ventilation areas, it is necessary to apply self-sustained ventilation of beet roots in piles using operating beet flumes for this purpose.

The implementation of these measures will improve the preservation of the technological qualities of beets, reduce the loss of mass and sugar during storage and increase the yield of sugar from every ton of harvested raw material.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-24

ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЦУКРОЗИ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

В. М. Мількевич

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

Загальні втрати цукрози в коренеплодах при зберіганні обумовлені в основному біохімічними процесами, що пов'язані з диханням коренеплодів, і мікробіологічними процесами, які залежать від фізичного стану коренеплодів, умов і термінів зберігання. В перші дні після надходження буряків на завод втрати цукрози обумовлені біохімічними процесами. Тому на початку зберігання необхідно створювати умови для швидкого заживлення пошкоджень, що сприятиме зменшенню середньодобових втрат цукрози. Особливо важливим є визначення впливу факторів на інтенсивність дихання з тим, щоб розробити організаційно-технічні заходи щодо зменшенню втрат цукрози.

Проведено аналіз факторів, які впливають на втрати цукрози при зберіганні цукрових буряків. Встановлено ефективність засобу «Корцид» на основі полігексаметиленгуанідину (ПГМГ). Рекомендовано шляхи, які надають можливість зменшити втрати цукрози, зберегти технологічні якості цукрових буряків при їх зберіганні. Для зменшення втрат цукрози при зберіганні цукрових буряків необхідно:

- додержуватись технології вирощування, своєчасного внесення збалансованих норм мінеральних і органічних добрив, особливо азотних.

- збирання цукрових буряків проводити в оптимальні терміни, першочерговим фактором при визначенні строків збирання буряків повинен бути фактор технічної стиглості цукрових буряків;

- для зменшення негативного впливу кагатної гнилі під час зберігання буряків доцільно застосовувати сучасні біоцидні препарати, зокрема на основі полігексаметиленгуанідину (ПГМГ).

- при зберіганні для зменшення температури в кагатах, втрат цукрози необхідно застосовувати активну вентиляцію зі зволоженням повітря. За відсутності вентиляційних майданчиків застосовувати самоплинну вентиляцію коренеплодів у кагатах, використовуючи для цієї цілі діючі гідротранспортери.

Виконання цих заходів дасть змогу покращити збереження технологічних якостей буряків, знизити втрати маси і цукру при зберіганні та збільшити вихід цукру з кожної тони заготовленої сировини.

Ключові слова: *цукрові буряки, дихання, терміни зберігання, втрати цукрози.*

Постановка проблеми. *Різниця між коефіцієнтом заводу і коефіцієнтом виробництва свідчить про втрати цукрози при зберіганні і внутрішньо завод-*

ському транспортуванні. Зменшення цих втрат є резервом покращення роботи цукрових заводів України.

Робота вітчизняних цукрових заводів суттєво відрізняється від тих країн, де клімат, погодні умови сприяють збиранню буряків протягом усього періоду їх перероблення (практично без зберігання). Бурякоцукровий комплекс України працює в режимі, коли цукрові буряки повинні бути зібрані в оптимальні терміни до настання морозів (для України — вересень-жовтень) [1]. Зібрані і неперероблені буряки в цей період повинні пройти різні терміни зберігання їх на бурякоприймальних пунктах цукрозаводів або в бурякосіючих господарствах в польових умовах. А тому питання збереження коренеплодів, технологічних якостей цукрових буряків після їх збирання до перероблення для України залишається актуальним.

В умовах України середньодобові втрати цукрози при короткостроковому зберіганні коренеплодів, які зібрані механізованим способом, складають близько 0,062%, середніх термінів зберігання — 0,022%, довготерміновому терміні — 0,018% до маси буряків. На якість цукрових буряків, здатність коренеплодів до зберігання впливають такі фактори, як агротехніка вирощування, зовнішнє середовище, погодні умови, в яких вирощуються цукрові буряки, терміни й умови їх зберігання. Загальні втрати цукрози в коренеплодах при зберіганні обумовлені в основному біохімічними процесами, які пов'язані з диханням коренеплоді як біологічного об'єкта і мікробіологічними процесами, що залежать від фізичного стану коренеплодів і термінів зберігання.

Метою статті є дослідження ефективності біоцидного засобу «Корцид» на основі полігексаметиленгуанідину для пригнічення мікробіологічних процесів, а також узагальнення сучасних підходів до питання зберігання цукрових буряків і розроблення рекомендацій щодо удосконалення технології зберігання коренеплодів на цукрових заводах для зменшення втрат цукрози.

Викладення основних результатів дослідження. Втрати цукрози при зберіганні коренеплодів обумовлені біохімічними процесами, які пов'язані з диханням і перебігом мікробіологічних процесів. Інтенсивність дихання коренеплодів залежить від багатьох факторів: фізичного стану, розмірів коренеплоду, терміну збирання, характеру зрізу гички та головки коренеплоду [2]. Особливо важливим для розроблення організаційно-технічних заходів щодо зменшення втрат цукрози є визначення впливу кожного з факторів на інтенсивність дихання.

Існує залежність між втратами цукрози внаслідок дихання і розмірами поверхні коренеплодів [3]. Інтенсивність дихання пов'язана з площею поверхні буряків, яка контактує з повітрям. Питома поверхня коренеплоду залежить від його ваги і форми. Чим більший коренеплід, тим менша його питома поверхня, тому питомі втрати цукрози, обумовлені диханням, менші у більших коренеплодів, які дихають повільніше. Малога розміру коренеплоди використовують на дихання на 20...30% цукрози більше. Результати вимірювань інтенсивності дихання коренеплодів буряків різних фракцій наведені в табл. 1.

Якщо прийняти інтенсивність дихання коренеплодів середньої фракції (маса яких становить 590—670 г) за 100%, то інтенсивність дихання великих коренеплодів з масою 850—1140 г зменшується і, відповідно, складає 81,6%. В той же час у коренеплодах менших розмірів, маса яких у середньому становить 390 г, інтенсивність дихання підвищується порівняно з коренеплодами середньої фракції до 120%.

Таблиця 1. Інтенсивність дихання коренеплодів буряків різних фракцій [4]

Фракції коренеплодів					
Великі		Середні		Дрібні	
Вага, г	Інтенсивність дихання, см ³ CO ₂ /год·кг	Вага,г	Інтенсивність дихання, см ³ CO ₂ /год·кг	Вага,г	Інтенсивність дихання, см ³ CO ₂ /год·кг
1140	10,49	665	10,48	365	14,15
990	9,74	670	12,18	440	14,48
850	9,34	590	12,90	375	14,34
середнє					
903	9,86	638	11,85	393	14,48

На процес зберігання коренеплодів суттєво впливає загальна забрудненість коренеплодів, яка може складати 8% і більше, що залежить від способу збирання і погодних умов. Вільні домішки відділяються від коренеплодів при розвантаженні буряків буртоукладочними машинами в кагати. Зв'язані з коренеплодом домішки, потрапляючи в кагат, зменшують пористість бурякомаси і погіршують умови надходження повітря, сприяють таким чином виникненню анаеробного дихання буряків у кагатах. Наявність зеленої маси призводить до підвищення температури в середині кагату, що є причиною створення вогнища мікробіологічного ураження.

Інтенсивність дихання коренеплодів у кагаті залежить переважно від температури, що видно з кількості виділення CO₂ (табл. 2).

Таблиця 2. Інтенсивність дихання коренеплодів залежно від температури [2]

Показники	Значення показників						
Температура, °С	2	5	10	15	20	25	30
Об'єм CO ₂ виділеного 1 кг буряків за 1 год, см ³ .	3,5	4,5	6,3	10	14	16	25

При температурі зберігання 1—2°С і відносній вологості повітря 93—95% втрати цукрози внаслідок процесу дихання мінімальні (табл.3).

Таблиця 3. Середньодобові втрати цукрози на дихання буряків залежно від температури їх зберігання в кагаті [2]

Показники	Значення показників					
Температура, °С	1	3	6	9	11	15
Втрати цукрози, % до маси буряків	0,01	0,014	0,02	0,03	0,038	0,05

Після збирання та під час зберігання в коренеплодах цукрових буряків продовжуються життєві процеси. Процеси розпаду цукру в корені різко посилюються, оскільки замість безперервного надходження води до кореня спостерігається її втрата, що спричиняє в'ялення коренеплодів. Це, у свою чергу, призводить до посилення дихання, а отже, до збільшення втрат цукрози.

При інтенсивному зневодненні коренеплодів втрата кожного відсотка вологи може призвести до збільшення середньодобових втрат цукрози на 0,005—0,01% до маси буряків. У табл. 4 приведені результати аналізу коренеплодів цукрових буряків (свіжовикопаних і підв'ялених), які зберігалися протягом 60 діб.

Таблиця 4. Показники цукрових буряків, які зберігалися 60 діб [5]

Коренеплоди буряків	Втрати цукрози, % до маси буряків	Зниження чистоти бурякового соку, %	Маса коренеплодів уражених кагатною гниллю, %
Свіжовикопані			
	1,3	1,8	немає
Втратили вологу,% :			
7	3,4	4,6	37
13	6,1	11,3	55
17	7,1	12,6	66
23	8,9	16,8	96

Отже, зберігання цукрових буряків ранніх термінів збирання при несприятливих погодних умовах (висока температура і низька відносна вологість повітря, інтенсивна сонячна радіація) пов'язане зі значними втратами маси в результаті інтенсивного випаровування вологи з поверхні коренеплодів (підв'ялення), зменшенням вмісту цукрози в зв'язку з посиленням фізіолого-біохімічних і мікробіологічних процесів, погіршенням технологічних якостей коренеплодів.

Значні зміни стану буряків за таких умов зберігання коренеплодів спостерігаються у поверхневому шарі кагатів. При цьому втрачається за добу до 1% маси і 0,2% цукрози [4]. Обсяг буряків, що знаходяться в поверхневому шарі кагату (висота 2,2—3,5м, ширина 12—15м) складає до 35% від всієї кількості буряків. Навіть при короткотерміновому зберіганні буряків у таких кагатах (не більше тижня) вихід цукрози при переробленні буряків зменшиться на 0,2—0,3% до маси буряків. Крім того, в'янення коренеплодів знижує стійкість їх до загнивання.

При збільшенні термінів зберігання буряків втрати цукрози залежать від розвитку мікробіологічних процесів в коренеплодах, які супроводжуються утворенням гнилої маси. Так, за даними [4], при зберіганні протягом 60 діб втрати від мікробіологічного розкладання цукрози становили порядку 80...90% від загальних втрат цукрози.

У дослідженнях [6] показано, що інтенсивність розкладання цукрози та ступінь ураження коренеплодів кагатною гниллю залежить від характеру контамінуючої мікрофлори. До найбільш активних збудників відноситься вид *Botrytis cinerea Pers* та види *Mucor mucedo* і *Rhizopus nigricans* (останні за температури зберігання 15...20°C та вище). Активність інших видів, зокрема роду *Fusarium*, *Torula Penicillium*, збільшується за наявності найбільш активних видів мікроміцетів. При цьому встановлено, що втрати цукрози від розкладання становлять в середньому 0,12—0,15% на 1% гнилої маси.

Серед найбільш дієвих заходів щодо зменшення перебігу мікробіологічних процесів при зберіганні коренеплодів цукрових буряків є застосування сучасних біоцидних засобів. Авторами [7] проведено дослідження з метою встановлення ефективності антимікробної дії ряду сучасних дезінфікуючих засобів щодо мікроміцетів *Rhizopus nigricans*, *Mucor mucedo*, *Botrytis cinerea*, *Fuzarium culmorum*, *Gliocladium roseum*, *Aspergillus niger*, *Penicillium rugulosum*. Крім того, рекомендовано доцільність застосування засобів на основі активного хлору («Санітарін», «Жавель-Клейд») для обробки коренеплодів цукрових буряків перед укладанням у кагати на зберігання. При цьому діапазон концентрацій робочих розчинів для обробки коренеплодів становить 0,02—0,006%.

На цукрових заводах Білорусії і Росії застосовують фунгіцид «Кагатник ВРК» [8], антимікробна дія якого зумовлена здатністю бензойної кислоти пригнічувати ферменти, здійснювати окислювально-відновні реакції і спрямована головним чином проти дріжджів і пліснявих грибів, включаючи афлотоксину-утворюючі. Норма внесення препарату — 60 см³/т буряків (робочого розчину 30 л/т). Застосування цього засобу сприяє підвищенню ефективності зберігання коренеплодів.

Досліджено вплив препарату «Корцид» на патогенну мікрофлору цукрових буряків, зокрема мікроміцетів: *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Phoma betae*. Засіб створено на основі полігексаметиленгуанідину (ПГМГ). Форма випуску — водний розчин. Препарат відноситься до групи малотоксичних речовин. Дослідження проводили в лабораторних умовах та в промислових умовах на Лучанському цукровому заводі. Методика полягала в тому, що до поживного середовища (сусло-агар) вносили певну кількість засобу «Корцид» (0,01—0,15%). Одержаний субстрат розливали в чашки Петрі. У центрі чашки вмішували вирізку міцелію чистої культури мікроміцету діаметром 4 мм. Для порівняння використовували контрольні посіви без внесення засобу «Корцид». Ефективність препарату визначали за інтенсивністю росту мікроміцету шляхом вимірювання середнього діаметра колонії. Розраховували співвідношення діаметра міцелію при внесенні засобу до діаметра міцелію в контрольній пробі. Ефективність пригнічення (%) розраховували за формулою:

$$\text{Еф. пр.} = 100(1 - d_3/d_k),$$

де d_3 — середній діаметр колонії у разі внесення засобу «Корцид»; d_k — середній діаметр колонії контрольного дослідження.

Дані досліджень фунгіцидної дії засобу «Корцид» на чисті культури мікроорганізмів — збудників кагатної гнилі, наведено в табл. 5.

Отримані дані підтверджують фунгіцидну та фунгістатичну дію ПГМГ на досліджувані збудники кагатної гнилі цукрових буряків. Порівняно з контролем засіб «Корцид» концентрацією 0,01% на 10 добу пригнічував ріст грибів *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Phoma betae* відповідно на 67,0; 50,0; 46,7%. Повне пригнічення розвитку зазначених культур грибів спостерігається за концентрації засобу 0,05—0,15%.

Таблиця 5. Вплив засобу «Корцид» на пригнічення росту мікроміцетів — збудників кагатної гнилі (ефективність пригнічення, %)

Концентрація робочого розчину засобу, %	Ефективність пригнічення, %			
	Термін дії засобу, днів			
	3	5	7	10
1	2	3	4	5
<i>Botrytis cinerea</i>				
0,01	72,5	86,7	73,0	67,0
0,05	87,6	91,7	92,2	89,2
0,1	Ріст відсутній	Ріст відсутній	Ріст відсутній	Ріст відсутній
<i>Fusarium oxysporum</i>				
0,01	55,5	37,5	41,2	50,0
0,05	22,2	85,0	88,2	91,5
0,1	Ріст відсутній	Ріст відсутній	Ріст відсутній	Ріст відсутній
<i>Phoma betae</i>				
0,01	76,6	34,0	45,3	46,7
0,05	20,0	85,2	90,1	92,8
0,1	2,3	Ріст відсутній	Ріст відсутній	Ріст відсутній
0,15	Ріст відсутній	Ріст відсутній	Ріст відсутній	Ріст відсутній

За результатами досліджень було розроблено технологічний регламент процесу зберігання цукрових буряків з використанням «Корциду» та апробовано у виробничих умовах. За результатами промислових досліджень установлено, що при використанні засобу «Корцид» для обробки буряків у період зберігання, порівняно з контролем, відзначено зменшення кількості коренеплодів покритих пліснявою на 29—52%, загнилих на 64—74%.; гнилої маси на 70—94 %; середньодобові втрати цукрози нижчі на 29—37%.

Застосування сучасних біоцидних препаратів для обробки коренеплодів при закладанні у кагати є ефективним способом покращення технологічних якостей цукрових буряків.

На основі аналізу факторів, що впливають на втрати цукрози при зберіганні коренеплодів, пропонується збирання цукрових буряків проводити в оптимальні терміни, першочерговим фактором при визначенні строків збирання буряків повинен бути фактор технічної стиглості цукрових буряків. З метою недопущення збільшення інтенсивності дихання коренеплодів у кагатах забезпечувати зменшення механічних пошкоджень цукрових буряків на всіх ділянках: збиранні, навантаженні, при укладанні буряків в кагати. Забез-

печити налагодження бурякозбиральної техніки на оптимальний зріз головки коренеплодів, що дасть змогу покращити умови зберігання буряків, зменшити надходження нецукрів на верстат цукрозаводу.

Для запобігання в'яненню і підморожуванню буряків у полі коренеплоди необхідно відразу після викопування вивозити на бурякоприймальний пункт, не допускаючи їх зберігання у невеликих купках і валках. У разі відсутності можливості вивезення коренеплоди доцільно укласти в польові кагати для тимчасового зберігання на спеціально підготовлені площадки. При зберіганні цукрових буряків в польових кагатах необхідно додержуватись технології, як і при збереженні буряків на бурякопунктах. Зокрема, поверхні кагатів слід обробляти розчином вапняного молока, а для запобігання в'яненню і підморожуванню коренеплодів — вкривати нетканим полотном та іншими матеріалами.

Для зменшення втрат цукрози за рахунок зниження інтенсивності дихання слід знижувати температуру в кагаті, що можливо досягти за рахунок активного їх вентилювання, для чого використовують поперечну або повздовжню схеми вентилювання зі зволоженням повітря. При відсутності майданчиків з активним вентилюванням доцільно застосовувати самоплинну вентиляцію буряків повітрям, використовуючи для цього діючі гідротранспортери. Після перекриття поверхні гідротранспортера решітками (лядами) буряки укладають на гідротранспортер і формують кагат. При такому зберіганні за рахунок постійного руху повітря по каналу гідротранспортера температура в кагаті нижча, порівнюючи з кагатами, які укладені біля гідротранспортерів, це дає змогу зменшити інтенсивність дихання коренеплодів.

Для зменшення негативного впливу кагатної гнилі під час зберігання буряків в кагатах доцільно застосовувати сучасні біоцидні препарати, зокрема на основі полігексаметиленгуанідину.

Висновки

Проблема зниження втрат цукрози при зберіганні цукрових буряків є актуальною, особливо в умовах застосування зарубіжних гібридів та значного поширення зберігання коренеплодів в польових умовах.

У зв'язку з цим потребує подальшого удосконалення система підходів до питання забезпечення високої технологічної якості цукрових буряків на основі врахування особливостей біохімічних процесів, що відбуваються при зберіганні коренеплодів. Виконання запропонованих заходів дасть змогу покращити збереження технологічних якостей буряків, знизити втрати маси і цукрози при зберіганні і збільшити вихід цукру з одиниці заготовленої сировини.

Література

1. Роїк М. В., Сінченко В. М. Управління технологічним процесом вирощування цукрових буряків: рекомендації. Вінниця, 2003. С. 38.
2. Сапронов А. Р. Технологія сахарного виробництва: навч. посіб. Москва: «Колос». 1999. С 37—39..
3. Технічна якість цукрових буряків та підвищення ефективності виробництва цукру: книга / В. М. Мількевич, В. В. Куянов, та ін.; К.: Український фітосоціологічний центр, 2000. С. 85.

4. Чернявская Л. И. Снижение потерь сахарозы при приемке и хранении сахарной свеклы. Выращивание, уборка, приемка и хранение сахарной свеклы : материалы научно-технического семинара, 12 мая. К.: ИПЦАЛКОН, 2004. С. 43.
5. Хелемский М. З. Технологические качества сахарной свеклы: книга. 2-е изд. М.: Пищевая промышленность, 1973. С. 6—7.
6. Гусятинська Н. А., Тетеріна С. М., Касян І. М. Вплив видової мікрофлори цукрових буряків на розвиток кагатної гнилі. *Цукор України*. 2017. К.: № 6—7(138—139). С. 10—15.
7. Husyatynska N., Teterina S., Nechipor T., Kasian I. Disinfectants efficiency on microorganisms — active gray rot causative agents within the process of sugarbeet storage. *Ukrainian food journal*. К.: NUFT 2015. Vol. 4, Issue 4. P. 626—637.
8. Сапронов Н.М. Инновационный продукт нового поколения. *Сахарная свекла*. 2013. № 7. С. 16—18.

DETERMINATION OF 1ST CARBONATION PROCESS VELOCITY IN APPROXIMATION TO COMPLETE DISPLASMENT MODE

K. Skoryk

Institute of Post-Diploma Training of National University of Food Technologies

I. Petrychenko, Yu. Reznichenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Juice carbonation
Pilot installation
Juice dosing device
Juice-gas mixture
Carbonation velocity
Graphic differentiation*

Article history:

Received 15.05.2019
Received in revised form
04.06.2019
Accepted 19.06.2019

Corresponding author:

K. Skoryk
E-mail:
sugar_ipdo@ukr.net

ABSTRACT

In this paper results of experimental study of calcium hydroxide concentration dependence vs. time during 1st carbonation process of main liming juice in sugar production are presented. Two methods for determination of the 1st carbonation velocity are developed: direct differentiation and graphic function differentiation of CaO concentration vs. time. Results of calculation and selection of running dosing device for main liming juice are presented. It permitted to stabilize juice flow rate to 1st carbonation apparatus. It was designed pilot plant that assures juice alkalinity stepwise decrease from the initial up to the final value. Hydrodynamic mode is close to complete mixing in sells of mass exchange fillings. It was obtained mean retention time value in the column.

Results of determination and mathematical description of the dynamic profile of non-filtered juice alkalinity in the apparatus were also used. Convergence of results is quite satisfactory if one compares function values obtained by two methods: approximation using least-squares procedure with derivation after that and graphic differentiation. It gives possibilities to select one of these methods to determine process velocity during study of stepwise carbonation. It is seen from the function diagram that three carbonation periods with stepped alkalinity decrease could be characterized with three linear parts for carbonation velocity. It was fulfilled straight-line approximation for graphic dependence of carbonation velocity. It was shown that the process of velocity decrease during three periods of carbonation in this mode could be characterized by proportion 6:3:1. The obtained results were used for development of carbonation method as well as for versions of apparatus implementation of the 1st carbonation process.

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ПРОЦЕСУ І КАРБОНІЗАЦІЇ В НАБЛИЖЕНОМУ ДО ПОВНОГО ВИТИСНЕННЯ РЕЖИМІ

К. Д. Скорик

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

І. Б. Петриченко, Ю. М. Резніченко

Національний університет харчових технологій

У статті представлено результати експериментальних досліджень зміни концентрації гідроксиду кальцію в часі в процесі І карбонізації соку основного вапнування цукрового виробництва. Запропоновано два методи визначення швидкості І карбонізації: прямого диференціювання та графічного диференціювання функції зміни концентрації СаО в часі. Наведено результати розрахунку та вибору проточного дозатора соку основного вапнування, який дав змогу стабілізувати витрату соку на апарат І карбонізації. Розроблено конструкцію експериментальної установки, яка забезпечує режим поступового зниження лужності соку від початкового до кінцевого значення. В комірках між масообмінними насадками гідродинамічний режим близький до повного перемішування. Отримано величину середнього часу перебування соку в колоні.

Для аналізу зміни швидкості карбонізації використано також результати визначення і методичку математичного опису динамічного профілю лужності нефільтрованого соку в апараті. При порівнянні значень функції, які отримані двома методами (наближенням за методом найменших квадратів з подальшим взяттям похідної і за допомогою графічного диференціювання), очевидна цілком задовільна збіжність результатів. Це надає можливість при дослідженнях ступеневої карбонізації вибирати один із цих методів для визначення швидкості процесу. З графіка функції видно, що три періоди карбонізації з поступовим зниженням лужності можна охарактеризувати і трьома різними лінійними ділянками для швидкості карбонізації. Проведена кусочно-лінійна апроксимація графічної залежності швидкості карбонізації. Показано, що зниження швидкості процесу по трьох періодах карбонізації в такому режимі характеризується співвідношенням 6:3:1. Отримані результати були використані як для розробки способу карбонізації із застосуванням флокулянтів, так і варіантів апаратурного оформлення процесу І карбонізації.

Ключові слова: карбонізація соку, стендова установка, дозатор соку, сокогазова суміш, швидкість карбонізації, графічне диференціювання.

Постановка проблеми. З метою удосконалення способу проведення І карбонізації і розробки нових, більш ефективних варіантів апаратурного оформлення потрібно провести подальше вивчення процесів у виробничих умовах на технологічних середовищах. Крім того, для підвищення рівня автоматизації процесів очищення соку необхідні дані про взаємозв'язки

основних параметрів і швидкості карбонізації в умовах проведення карбонізації з поступовим зниженням лужності соку. Аналіз наявної інформації дав змогу обґрунтовано провести вибір основних конструктивних вузлів стенової установки для дослідження процесу І карбонізації з поступовим (плавним) зниженням лужності соку. Насадка КРИМЗ є однією з найбільш ефективних з точки зору інтенсифікації масообмінних процесів, оскільки має великий прохідний переріз (приблизно 50%) і малий гідродинамічний опір. Прилад складається із дисків, які закріплено на штоку. В кожному диску по концентричним колам Н-подібним штампом виконано отвори. Направляючі лопаті відігнуто в різні сторони під кутом до площини диску. На кожному диску насадки напрям руху потоку змінюється на зворотній. Застосування цієї насадки дало змогу реалізувати в колоні стенової установки для І карбонізації режим з поступовим зниженням лужності нефільтрованого соку від початкового до кінцевого значення. Зміною кількості дисків створюється можливість для проведення карбонізації в багатьох ступенях (комірках), число яких (до 14) обумовлює більш повне наближення до режиму ідеального витиснення порівняно, наприклад, із секційними сатураторами. Як показано раніше [1; 2], стенова установка забезпечує необхідний гідродинамічний режим у колоні апарата І карбонізації. Аналіз результатів досліджень технологічних показників роботи періодичних, секційних і секційно-коміркових сатураторів показує, що в процесі І карбонізації з поступовим зниженням лужності соку основного вапнування забезпечуються сприятливі умови для видалення нецукрів. Також досягається високий коефіцієнт використання диоксида вуглецю сатураційного газу при задовільних фільтраційних і седиментаційних властивостях осаду. Проте складність і динамічність процесів, які проходять за відносно короткий час та при взаємному впливі значної кількості факторів, обумовлюють існуючі ускладнення з подальшим підвищенням ефективності карбонізації з поступовим зниженням лужності. Необхідно застосовувати комплексний підхід до проблеми удосконалення процесу карбонізації в такому режимі. Для розроблення нових способів проведення процесу, його апаратного оформлення й адекватних способів автоматичного регулювання необхідні дані стосовно швидкості процесу карбонізації соку основного вапнування. Натепер в науково-технічній літературі практично відсутні дані стосовно зміни швидкості карбонізації гідроксиду кальцію в соку основного вапнування, який обробляється газом у режимі ступінчастої карбонізації.

Мета дослідження: для удосконалення способу карбонізації соку з поступовим зниженням лужності та варіантів апаратного оформлення процесу І карбонізації необхідно дослідити, яким чином змінюється в реальних технологічних середовищах швидкість карбонізації гідроксиду кальцію в гідродинамічних умовах, що наближені до повного витиснення, а також розробити методики визначення швидкості карбонізації соку основного вапнування в умовах І карбонізації.

Матеріали і методи. Дослідження проведені на стеновій установці вертикального апарата І карбонізації з масообмінними насадками, які забезпечували наближений до повного витиснення режим оброблення соку основного

вапнування. В комірках між масообмінними насадками гідродинамічний режим близький до повного перемішування. Отримано величину середнього часу перебування соку в колоні. Для аналізу зміни швидкості карбонізації використано також результати визначення і методику математичного опису динамічного профілю лужності нефільтрованого соку в апараті [1].

Викладення основних результатів дослідження. Стендова установка складається із колони, в середині якої на штоку закріплені з постійним кроком масообмінні насадки. В нижню частину колони підводиться сік основної дефекації і сатураційний газ. По висоті колони змонтовано з невеликим кроком декілька кранів для відбирання проб. На виході із колони є датчик рН-метра. Витрату сатураційного газу визначали газовим лічильником, а соку — за допомогою індукційного витратоміра. Попередні технологічні випробування установки показали, що регулювати та підтримувати постійне задане значення витрати дефекованого соку звичайною запірно-регулюючою арматурою (без проточного дозатора) досить складно. Часто відбувалося падіння витрати соку при накопиченні часток твердої фази перед регулюючим краном. З метою усунення цього недоліку була розроблена конструкція та виконано розрахунок проточного дозатора соку основного вапнування. Дозатор з постійним рівнем рідини оснащений ємністю, в нижній частині якої встановлено конічний насадок, що має в розширеній торцевій частині форму прямокутника. Плоский струмінь соку із насадка ділиться на дві частини поворотною засувкою. Одна частина соку надходить в колону, а надлишок соку відводиться до заводського апарата основного вапнування (дефекатора) за допомогою трубопроводу.

Методика розрахунку проточного дозатора. Витрата рідини G при витіканні з малих отворів в тонкій стінці при постійному геометричному напорі визначається за формулою [3]:

$$G = \mu \cdot \Omega \cdot \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

де μ — коефіцієнт витрати; Ω — площа отвору; g — прискорення вільного падіння; H — геометричний напір.

При цьому

$$\mu = \varepsilon \cdot \Psi, \quad (2)$$

де ε — коефіцієнт стиснення струменя; Ψ — коефіцієнт опору.

Зазвичай, при витіканні води із малих отворів у тонкій стінці приймають за даними із довідника такі середні значення коефіцієнтів: $\varepsilon = 0,64$; $\Psi = 0,97$, тоді за формулою (2) $\mu = 0,62$.

Площу поперечного перерізу отвору насадка Ω визначаємо за формулою (1) при різних значеннях геометричного напору H , прийнятних з конструктивних міркувань та з урахуванням реальних обмежень:

$$\Omega = \frac{G}{\mu \cdot \sqrt{2gH}}. \quad (3)$$

Результати розрахунку за формулою (3) кількох варіантів при максимальній витраті соку 4 м³/годину представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Параметри варіантів дозатора соку

Параметри	Геометричний напір, м			
	0,5	0,4	0,3	0,2
Площа отвору, мм ²	572	640	739	905
Діаметр отвору, мм	27,0	28,5	30,7	34,0

З урахуванням реальних умов підключення стендової установки до технологічної схеми цукрового заводу із табл. 1 вибрано значення геометричного напору 0,3 м, а в конструкцію дозатора закладено діаметр отвору перед конічним насадком 30,7 мм. Випробування стендової установки з таким дозатором підтвердили правильність результатів розрахунку, що дозволило забезпечити сталу роботу на різних режимах. Відсутність застійних зон у дозаторі усунуло накопичення осадів у трубопроводах, а така система подачі соку основного вапнування забезпечила стабільну витрату соку та можливість її плавного регулювання в межах від 0 до 4 м³/годину.

Для визначення швидкості карбонізації послідовно відбирали проби за напрямком руху сокогазової суміші в колоні із кранів, розташованих з постійним кроком по висоті апарата, а також на вході та виході з нього. Дослідження профілю зміни лужності нефільтрованого соку, а також рН проводили при стабільній роботі стендової установки в заданому технологічному режимі. Для визначення лужності нефільтрованого соку при безперервному перемішуванні на магнітній мішалці відбирали проби соку по 10 мл. В кожну порцію перед потенціометричним титруванням до рН = 4,0 додавали по 10 мл нейтральної дистильованої води. Проби титрували 1/2,8 н або 1/28 н соляною кислотою, концентрацію якої вибирали залежно від вмісту гідроксиду кальцію. Результати титрування наведені в табл. 2.

Потім перераховували отриману при титруванні лужність нефільтрованого соку b_i , % до об'єму соку в г-моль/л СаО за формулою:

$$c_{CaO} = 0,1786 \cdot b_i \quad (4)$$

Приймаємо припущення про рівномірний рух сокогазової суміші по висоті колони. В табл. 2 також надані результати розрахунку за формулою (4) в різні інтервали часу.

Таблиця 2. Результати розрахунку зміни концентрації гідроксиду кальцію в часі

№ пп.	1	2	3	4	5	6	7
Час t , с	0	57,5	115	172,5	230	287,5	345
Лужність нефільтрованого соку b_i , % до об'єму соку	1,27	0,88	0,69	0,53	0,37	0,27	0,18
Концентрація СаО $C_e \cdot 10^1$, г-моль/л (експеримент)	2,27	1,57	1,23	0,946	0,661	0,482	0,321
Концентрація СаО $C_p \cdot 10^1$, г-моль/л (розрахунок)	2,28	1,66	1,21	0,883	0,643	0,469	0,342

Із застосуванням персонального комп'ютера та програми розрахунку за методом найменших квадратів визначали коефіцієнти a і b наближення експоненціальною функцією зміни концентрації діоксиду кальцію в часі:

$$C_p = a \exp(bt). \quad (5)$$

Обчислення параметрів a і b виконувалося за формулами:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n \ln y_i - n \sum_{i=1}^n x_i \ln y_i}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2}; \quad (6)$$

$$a = \exp\left[\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^n \ln y_i - b \sum_{i=1}^n x_i\right)\right]. \quad (7)$$

У результаті розрахунків за формулами (6) і (7) отримали $a = 2,2836865 \cdot 10^{-1}$; $b = -5,4975617 \cdot 10^{-3}$, а після заокруглення коефіцієнтів функція має вигляд:

$$C_p = 2,28 \cdot 10^{-1} \exp(-5,50 \cdot 10^{-3} t). \quad (8)$$

Візьмемо першу похідну функції (8), яка за фізичним змістом є швидкістю зміни концентрації гідроксиду кальцію або швидкістю карбонізації:

$$\frac{dC_p}{dt} = -1,25 \cdot 10^{-3} \exp(-5,50 \cdot 10^{-3} t). \quad (9)$$

Знак мінус означає, що з ростом часу карбонізації швидкість процесу зменшується. В табл. 3 наведені значення dC_p/dt , які обчислені за рівнянням (9).

Таблиця 3. Результати розрахунку швидкості карбонізації

№ пп.	1	2	3	4	5	6	7
Час t , с	0	57,5	115	172,5	230	287,5	345
Швидкість карбонізації $dC_p/dt \cdot 10^3$, г-моль/л-с	1,25	0,911	0,664	0,484	0,353	0,257	0,187

Проведемо порівняння числових значень швидкості карбонізації, які розраховані за формулою (9), та отриманих безпосередньо за експериментальними даними за допомогою метода графічного диференціювання [4]. За даними дослідів побудували графік функції $C(\tau)$. В експериментальних точках t_i провели нормалі до кривої. Вибрали точку Р (полюс побудови) на від'ємній ділянці осі абсцис поза зоною визначення аргументу t . Відрізок РО = b називається полюсною відстанню. Із полюса провели перпендикуляри до нормалей, які продовжили до перетину з віссю ординат. Із точок перетину перпендикулярів з віссю ординат провели лінії, паралельні осі абсцис. На перетині вертикалей, опущених з експериментальних точок t_i і паралелей, отримали точки графіка функції dC/dt . Масштаб по осі ординат m_y для функції dC/dt визначається за формулою:

$$m_y = \frac{m_x}{m_x \cdot b}, \quad (10)$$

де m_y і m_x — масштаби по осям y і x відповідно; b — полюсна відстань.

Попередньо обчислимо масштаби по осям y і x : $m_y = (2 \cdot 10^{-1} \text{ г-моль/л}) / 100 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ г-моль/л}\cdot\text{мм}$; і $m_x = 300 \text{ с} / 60 \text{ мм} = 5 \text{ с/мм}$.

Задаємо величину полюсної відстані $b = 40 \text{ мм}$ і за формулою (10) одержимо:

$$m_{y \cdot} = 2 \cdot 10^{-3} / 5 \cdot 40 = 1 \cdot 10^{-5} \text{ г-моль/л}\cdot\text{с}\cdot\text{мм}.$$

Будуємо графік (див. рис.) dC/dt , тоді в експериментальних точках за цим методом маємо такі значення функції (табл. 4):

Таблиця 4. Результати визначення швидкості карбонізації графічним методом

№ пп.	1	2	3	4	5	6	7
Час t , с	0	57,5	115	172,5	230	287,5	345
Швидкість карбонізації $dC_p/dt \cdot 10^3$, г-моль/л·с	1,40	0,76	0,66	0,43	0,37	0,31	0,28

При порівнянні значень функції dC/dt , які отримані двома методами: наближенням за методом найменших квадратів із взяттям похідної (табл. 3) і за допомогою графічного диференціювання (табл. 4), очевидна цілком задовільна збіжність результатів. Це надає можливість при дослідженнях ступеневої карбонізації вибирати один із цих методів для визначення швидкості процесу.

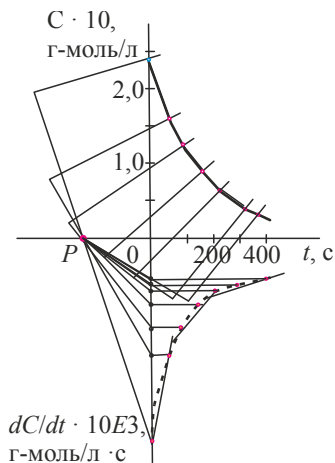


Рис. Визначення швидкості карбонізації при сатурації з поступовим зниженням лужності за методом графічного диференціювання

З графіка функції dC/dt видно, що три періоди сатурації з поступовим зниженням лужності можна охарактеризувати і трьома різними лінійними ділянками для швидкості карбонізації. Проведена кусочно-лінійна апроксимація кривої dC/dt . На першій ділянці тангенс кута нахилу прямої до осі абсцис дорівнює 5,333 (кут 79°), на другій — 1,296 (кут 52°) і на третій — 0,359 (кут 20°). Іншими словами, швидкість карбонізації суттєво зменшується на першому і незначно на останньому етапі, а для другого періоду сатурації характерні проміжні значення.

Причому обчислення відношення кутових коефіцієнтів прямих для апроксимації швидкості карбонізації для трьох періодів показало, що воно орієнтовно дорівнює 15:3,5:1. За одиницю прийнято

кутовий коефіцієнт прямої завершального (третього) періоду сатурації в режимі повного витіснення. Розрахунок відносного зниження швидкості карбонізації по періодам дав такі результати: 60%, 30% і 10%. Тобто падіння швидкості карбонізації по трьом періодам характеризується співвідношенням приблизно як 6:3:1.

У результаті досліджень встановлені окремі кількісні характеристики процесу І сатурації з поступовим зниженням лужності соку. Доцільно розглянути отримані результати з точки зору теоретичних основ роботи хімічних реакторів. У [5; 6] вказано, що при проходженні реакційної суміші через реактор ідеального витиснення по його довжині величина ступеня перетворення збільшується. В зв'язку з тим, що з ростом ступеня перетворення швидкість реакції зменшується, то значення середньої швидкості буде знаходитися між її максимальною величиною на початку реактора і мінімальною на виході з нього. В реакторі ж ідеального змішування величина ступеня перетворення в кожній точці апарата відповідає величині на виході з реактора. В цих умовах середня швидкість процесу дорівнює низькому значенню швидкості на виході з реактора. При однаковому ступені перетворення на виході (як потрібно на І сатурації) реактор ідеального витиснення завжди характеризується найвищою середньою швидкістю процесу. З цієї причини необхідний об'єм реактора такого типу буде найменшим. У нашому випадку використано проміжний варіант оформлення процесу сатурації, в якому на окремих ступенях обробки соку з повним перемішуванням значення швидкості карбонізації хоча і менше, ніж при ідеальному витисненні, проте суттєво вище, ніж в одноступеневому реакторі повного перемішування (наприклад, у типовому сатураторі без контура внутрішньої рециркуляції).

Висновки

У результаті виконаних досліджень і математичної обробки даних розроблено дві методики визначення швидкості карбонізації гідроксиду кальцію при сатурації соку основної дефекації в наближеному до повного витиснення гідродинамічному режимі: метод прямого диференціювання та метод графічного диференціювання. Показано, що зниження швидкостей карбонізації по трьох періодах сатурації в такому режимі характеризується співвідношенням 6:3:1.

Отримані результати були використані як для розробки способу сатурації із застосуванням флокулянтів, так і варіантів апаратурного оформлення процесу І карбонізації. В останньому випадку враховувалися конкретні технологічні особливості процесу та низка обмежень, наприклад, пов'язаних з відкладанням твердої фази на газорозподільчих пристроях і на внутрішніх поверхнях сатураторів.

Література

1. Скорик К. Д. Совершенствование способов проведения и вариантов апаратурного оформлення І сатурации: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. Киев, 1989. 24 с.
2. Петриченко И. Б. Повышение эффективности І сатурации с помощью массообменных элементов и пульсационных воздействий: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. Киев, 1988. 24 с.
3. Большаков В. А. Справочник по гидравлике. К.: Вища школа, 1977. 273 с.
4. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. Лейпциг: Тойбнер. М.: Наука, 1981. 718 с.
5. Данквертс П. В. Газожидкостные реакции: Пер. с англ. М.: Химия, 1973. 291 с.
6. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии: 4-е изд., перераб., доп. М.: Химия, 1985. 448 с.

RESEARCH OF THE QUALITY OF MILK AND ITS FALSIFYCATION

T. Chorna

University of the State Fiscal Service of Ukraine

A. Chorna

National University of Food Technologies

Key words:

Milk
Quality indicators
Safety
Falsification
Marketing research
Labeling

Article history:

Received 07.05.2019
Received in revised form
24.05.2019
Accepted 06.06.2019

Corresponding author:

A. Chorna
E-mail:
Anastasia_chernaya
@ukr.net

ABSTRACT

The paper is devoted to research the indicators of quality of milk of various commodity producers and analysis the influence of its falsification on the health of consumers. It is noted, that failure to comply with technological regimes, violation of sanitary and hygienic conditions of production, processing and transportation, falsification of products, milk and dairy products not only lose their nutritional value, but also can be dangerous to consumers' health. Ensuring the population by qualitative food products has an exceptional social and political significance and should be a priority task for the state. The production and, accordingly, consumption of milk that does not meet the quality and safety requirements poses a threat to consumers' health, in particular can lead to a decrease, mortality from illness and food poisoning. It is noted that the requirements for the quality of raw milk in Ukraine are lower than in the countries of the European Union and allow deviations from European indicators several times.

The object of the study is milk, as well as methods for assessing the quality and identifying falsifications of milk samples. The subject of research is the consumer properties and indicators of quality of milk. Experimental results are obtained using traditional and special physical and chemical methods of research.

The marketing research of consumer preferences during the purchase of drinking milk was conducted in order to establish a list of investigated samples for analysis of its quality. The results of research on compliance with the requirements of the current normative and technical documentation of marking, organoleptic and physico-chemical indicators of quality of samples of drinking milk are presented. The facts of falsification of products by manufacturers are revealed.

МАРКЕТИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПИТУ МОЛОКА ПИТНОГО ТА ЙОГО ЯКОСТІ

Т. М. Чорна

Університет державної фіскальної служби України

А. І. Чорна

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена дослідженню показників якості молока питного різних товаровиробників та аналізу впливу його фальсифікації на здоров'я споживачів. Зазначено, що при здійсненні фальсифікації товарів молоко та молочні продукти не лише втрачають свою поживну цінність, а й можуть бути небезпечними для здоров'я споживачів. Забезпечення населення якісними харчовими продуктами має виняткове соціальне та політичне значення і повинно бути пріоритетним завданням для держави. Виробництво і, відповідно, споживання молока, яке не відповідає вимогам щодо якості та безпечності, становить загрозу для здоров'я споживачів, оскільки може стати причиною зниження тривалості життя, призвести до смертності від хвороб і харчових отруєнь. Відмічено, що вимоги до якості сирого молока в Україні є нижчими, ніж в країнах Європейського Союзу, і допускають відхилення від європейських показників в декілька разів.

Об'єктом дослідження є питне молоко, а також методи оцінки якості та виявлення фальсифікації досліджуваних зразків молока. Предметом дослідження виступають споживні властивості та показники якості питного молока. Експериментальні результати роботи отримані за допомогою традиційних та спеціальних фізико-хімічних методів досліджень.

Проведено маркетингове дослідження споживчих переваг під час купівлі молока питного з метою встановлення переліку досліджуваних зразків для аналізу його якості. Представлено результати досліджень щодо відповідності вимогам чинної нормативно-технічної документації маркування, органолептичних та фізико-хімічних показників якості зразків молока питного. Виявлено факти фальсифікації продукції виробниками.

Ключові слова: *молоко питне, показники якості, безпека, фальсифікація, маркетингові дослідження, маркування.*

Постановка завдання. Питаннями забезпечення якості та виявлення фальсифікації молочних продуктів значну увагу приділяли у своїх працях такі науковці: Г. Є Поліщук, О. В. Кочубей-Литвиненко, І. Г. Радзієвська, М. І. Задорожний, Н. Р. Джурик, О. П. Юдічева, І. В. Ємченко, А. П. Батутіна, А. Томпсон, Р. Уотермен, Р. А. Фатхутдінова та ін. Однак проблема підвищення якості та безпечності молока та продуктів його переробки, адаптації підприємств молочної галузі до вимог ЄС залишається і сьогодні актуальною в сучасних умовах розвитку економіки.

За даними сучасних медичних досліджень виявлено близько 60 факторів, які повинні забезпечуватись людині за рахунок харчування [1]. Враховуючи

унікальний склад молока, цей харчовий продукт є практично єдиним, який повністю забезпечує такі фактори. Унікальність молока, як харчового продукту, обумовлена трьома його основними властивостями [2]: 1) здатність легко засвоюватися при мінімальній секреторній роботі травних залоз організму; 2) самостійна здатність збуджувати травний канал; 3) краща засвоюваність організмом азоту молока порівняно з азотом хліба.

Якість молока є одним з найважливіших чинників, що впливає на формування споживної вартості молочної продукції. Наразі в нашій країні гостро постає питання якості коров'ячого молока як сировини, особливо отриманого від населення, внаслідок відсутності контролю за такими об'єктами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вимоги щодо виробництва молочної сировини, контролю, санітарного нагляду, забезпечення якості харчової, зокрема молочної, продукції в Україні регламентуються законами України «Про ветеринарну медицину», «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», «Про молоко та молочні продукти». Основні вимоги щодо закупівлі та приймання молока коров'ячого викладено в ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови», який скасовує ДСТУ 3662-97 «Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлі» в частині вимог до молока екстра, вищого та першого гатунків. Щодо вимог до молока другого гатунку ДСТУ 3662-97 буде скасовано лише з 1 січня 2020 року. Але з цієї дати буде встановлено дворічний перехідний період, впродовж якого молоко другого гатунку буде прийматися, але виключно для технічних цілей (корми для тварин, казеїн тощо) [3]. Якість молока питного в Україні регламентує ДСТУ 2661:2010 «Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови».

Слід зазначити, що вимоги до якості сирого молока є нижчими, ніж в країнах Європейського Союзу (ЄС). Зокрема, молоко, що за українським стандартом відповідає гатункам «екстра» та «вищий» і визначається як сировина високої якості, за вимогами ЄС класифікується як «стерпне» та належить до найнижчого класу якості [4]. Згідно з договором про Асоціацію з ЄС, Україна має свої нормативно-технічні акти гармонізувати з європейськими регламентами. Законодавством ЄС встановлено вимоги щодо безпечності молока на всіх етапах руху молочної продукції. Відповідно до європейського законодавства, продукти, що не відповідають нормативним вимогам, не можуть бути предметом торгівлі і заборонені для імпорту [5].

Однією з найактуальніших проблем молочної галузі в Україні є фальсифікація молочних продуктів. За оцінками деяких фахівців, рівень фальсифікації молочного ринку України перевищує 50% [6]. Варто зазначити, що наявність на ринку значної кількості фальсифікованої продукції пов'язана з рядом ризиків для споживача, зокрема [7]: фінансовий ризик (непередбачені додаткові витрати); ризик втрати часу (повернення чи обмін); фізичний ризик (небезпечний вплив на здоров'я); психологічний ризик (незадоволення); соціальний ризик (втрата престижу). Фальсифікація молока здійснюється різними способами, залежно від мети виробника. Слід відмітити, що якщо небезпека деяких добавок полягає лише у заниженні показників якості продукту й обмані споживача (наприклад, додавання крохмалю, борошна тощо), то інші можуть викликати суттєвий негативний вплив на організм людини. Процесу

фальсифікації молока сприяє фактична відсутність дієвого контролю продукції, що реалізується, уповноваженими органами виконавчої влади.

Рослинні жири (пальмовий, кокосовий і пальмоядровий) як один з найбільш розповсюджених видів фальсифікації молочних продуктів, порушують ліпідний обмін організму людини, вражають судини, викликають артеросклероз, серцево-судинні захворювання, діабет, онкологію, хворобу Альцгеймейра [8]. Застосування меламіну для імітації вмісту білка в молоці і молочних продуктах призводить до ураження сечовидільної системи [9]. Відомо про забруднення меламіном в кількості до 2560 мг/кг різних видів харчових продуктів (молоко, сухе молоко, дитячі молочні суміші, йогурти, цукерки, шоколад, напої) в Китаї і в ряді країн Південно-Східної Азії [10].

Метою статті є маркетингове дослідження споживчих переваг під час придбання молока коров'ячого питного вітчизняних виробників, перевірка відповідності показників якості молока питного вимогам чинної нормативно-технічної документації та виявлення можливості потрапляння в торговельну мережу фальсифікованої продукції.

Матеріали і методи. Лабораторні дослідження виконані в навчально-науковій лабораторії кафедри експертизи харчових продуктів НУХТ. Об'єкт дослідження — питне молоко, а також методи оцінки якості та виявлення фальсифікації молока, представленого в торговельній мережі. Предмет дослідження — маркетингові дослідження споживчих переваг, споживні властивості та показники якості питного молока. Експериментальні результати роботи отримані за допомогою традиційних і спеціальних фізико-хімічних методів досліджень.

Маркетингове дослідження і вибір зразків для оцінки якості питного молока та виявлення фальсифікації здійснено методом анкетного опитування.

Відбір проб для визначення показників якості та безпечності питного молока проводиться згідно з ДСТУ 4834:2007 «Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролювання» та ДСТУ ISO 707:2002 «Молоко та молочні продукти. Настанови з відбирання проб».

Органолептичні показники якості молока питного та відповідність маркування визначали визначено відповідно до вимог ДСТУ 2661:2010 «Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови». Повноту наливу визначали за Рекомендаціями Р 50-056-96 «Продукція фасована в пакованні. Загальні технічні вимоги», ДСТУ 6082:2009 «Молоко і молочні продукти. Метод визначення густини». Для визначення титрованої кислотності молока використано метод, що ґрунтується на титруванні кислих солей молока, карбоксильних груп білків молока і вуглекислого газу розчином лугу за наявності індикатора фенолфталеїну.

Наявність соди у досліджуваних зразках визначали відповідно до ДСТУ 8378:2015 «Молоко. Методи визначення соди», пероксиду водню — ДСТУ 7356:2013 «Молоко. Метод визначення пероксиду водню». Наявність аміаку визначали методом, що базується на зміні кольору молочної сироватки, що виділяється із досліджуваного молока під час її взаємодії з реактивом Неслера з утворенням осаду червоно-бурого кольору. Виявлення фальсифікації молока на наявність формальдегіду визначали методом, що ґрунтується на

взаємодії пероксиду водню з йодидом калію і виділенні йоду, що разом з крохмалем дає синє забарвлення. Виявлення фальсифікації молока на наявність крохмалу та борошна визначали методом, що ґрунтується на взаємодії йоду з крохмалем, який під дією йоду забарвлюється в синій колір.

Результати і обговорення. З метою вивчення попиту та встановлення переліку зразків для аналізу якості молока проведено маркетингові дослідження споживчих переваг і чинників, що впливають на вибір споживача під час придбання молока методом анкетного опитування. Як інструментарій для проведення досліджень використовували розроблену анкету з 12 запитань. Опитування здійснювалось в Університеті державної фіскальної служби України та Національному університеті харчових технологій. В цілому в анкетуванні взяли участь 120 курсантів і студентів зазначених навчальних закладів: 56 (46,7%) жінок та 64 (53,3%) чоловіків у віці 18—25 років. Склад сім'ї опитуваних респондентів — три і більше осіб з різним рівнем доходів і соціальним становищем. Обробку анкет маркетингового дослідження проводили методом комп'ютерного статистичного моделювання за допомогою пакета аналізу даних програмного пакета MS Excel.

Встановлено, що споживачі купують молоко досить рідко, найчастіше молоко купують у великих супермаркетах (55,4%), а також магазинах органічних продуктів (18,9%), на ринку (16,2%) та в невеликих магазинах (9,5%).

Результати дослідження факторів, що впливають на вибір споживачів під час купівлі молока (рис. 1), показали, що споживачі передусім звертають увагу на смакові переваги, тривалість зберігання й торговельну марку продукту.

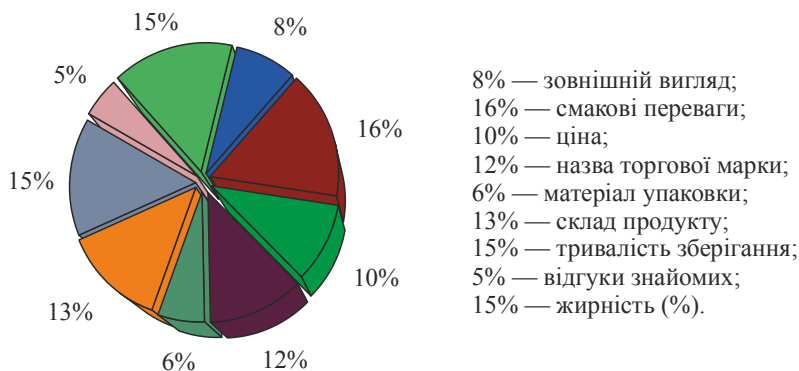


Рис. 1. Питова вага факторів, що впливають на вибір споживача під час купівлі питного молока

Опитування показало, що більшість опитуваних купує молоко, оскільки вважає його компонентом здорового харчування (30%), а також для приготування страв (28,7%) і задоволення своїх смакових потреб (28%). Продуктом щоденного споживання молоко є лише для 6% опитаних. Більшість респондентів (78,3%) витрачають 1—5% свого бюджету для купівлі молока, що свідчить про їхню слабку платоспроможність.

Серед торговельних марок (рис. 2) студенти віддали перевагу молоку «Простоквашино», (23,4%) «Яготинське» (21,5%), «Селянське» (17,1%), «Слов'яночка» (7,6%) та «Ферма» (7,6%), які й були обрані для подальшого дослідження. Серед інших торговельних марок, які не були внесені в опитувальний лист, респонденти назвали молоко марки «Рудь», а також зазначили, що купують домашнє молоко. Щодо показника жирності молока, то значна кількість опитаних обирає молоко з жирністю 2,5% (35,5%), для 29% респондентів цей показник не має значення; молоко з жирністю 3,2% купує 20,2% опитаних.

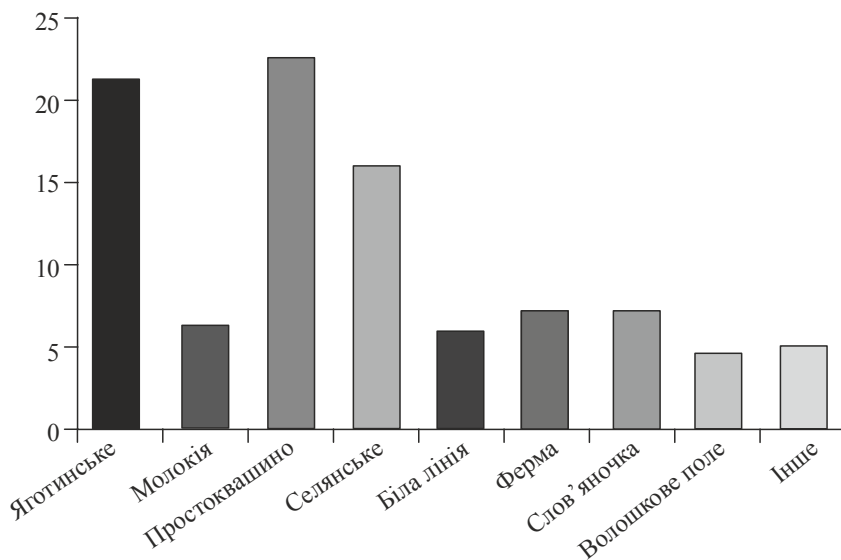


Рис. 2. Споживчі переваги щодо торговельних марок питного молока






Варто зазначити, що значна кількість опитаних (82,5%) вважає, що серед представленого в торговельній мережі асортименту молока не вся продукція відповідає вимогам нормативно-технічної документації за показниками якості. При цьому студенти вважають, що частка фальсифікованої продукції може сягати 15—100%. Разом з тим 13,3% респондентів вважають, що на вітчизняному ринку представлено виключно високоякісне молоко, 4,2% не змогли відповісти на поставлене питання. Тож проведене дослідження дало можливість вивчити попит та встановити перелік зразків питного молока для проведення аналізу показників його якості.

Відповідно до результатів, для досліджень обрано зразки питного молока з вмістом жиру 2,5% торговельних марок «Простоквашино», «Селянське», «Слов'яночка», «Ферма» та «Яготинське» (жирність 2,6%), яким респонденти віддали найбільшу перевагу.

В умовах ринкових відносин важливу роль відіграє товарна інформація, оскільки споживачеві важко розібратися та зробити правильний вибір серед значної кількості наявних і нових товарів. Тому важливим етапом дослідження було встановлення відповідності маркування зразків молока питного ви-

могам ДСТУ 2661:2010 «Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови» (табл. 1).

Таблиця 1. Результати аналізу маркування молока питного

Вимоги	Досліджувані зразки молока питного				
					
Назва	Простоквашино	Ферма	Селянське	Слов'яночка	Яготинське
Вид молока, масова частка жиру	Коров'яче питне пастеризоване, 2,5%				Коров'яче питне пастеризоване, 2,6%
Назва, адреса і номер телефону підприємства-виробника та місце виготовлення	ПрАТ Данон Кременчук +	ТОВ Молочна компанія МЛК ЛАЙН +	ТОВ Люстдорф +	ПрАТ Вімм-Білл-Данн-Україна +	ТОВ Яготинський маслозавод +
Товарний знак виробника (за наявності)	+	+	+	+	+
Маса нетто, г (кг) або об'єм, см ³ (дм ³)	900±1,5 %	900±15 г	950 г	890 г	900 г
Склад, харчова та енергетична цінність на 100 г продукту	Молоко коров'яче				
	Б-3,0 Ж-2,5 В-4,7 53 ккал	незбиране, молоко знежирене, Б-2,9 Ж-2,5 В-4,7 53 ккал	Б-2,8 Ж-2,5 В-4,7 52 ккал	нормалізоване, Б-2,8 Ж-2,5 В-4,7 52,5 ккал	незбиране, молоко знежирене Б-2,8 Ж-2,6 В-4,7 53 ккал
Кінцева дата споживання «Вжити до» або дата виробництва та строк придатності	+	+	+	+	+
Умови зберігання	За температури (4±2)°С, в герметично закритій упаковці				За температури (2—6)°С, в герметично закритій упаковці
Номер партії	+	+	+	+	+
Позначення стандарту	ДСТУ 2661:2010			ТУУ 15.5-19492247-025	ДСТУ 2661:2010
Штриховий код EAN	+	+	+	+	+

Аналіз споживчого маркування досліджуваних зразків молока питного показав, що всіма виробниками дотримано вимоги стандарту і наведено всю необхідну інформацію про товар.

Результати дослідження органолептичних показників якості досліджуваних зразків молока питного відповідно до вимог ДСТУ 2661:2010 наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Органолептичні показники якості молока питного пастеризованого

Показник	Характеристика	Досліджувані зразки				
		Селянське	Ферма	Простоквашино	Слов'яночка	Яготинське
Зовнішній вигляд та консистенція	Однорідна рідина без осаду, пластівців білка та грудочок жиру	Відповідає вимогам				
Смак і запах	Чисті, без сторонніх, не притаманих свіжому молоку присмаків і запахів, з легким присмаком пастеризації	Відповідає вимогам				
Колір	Білий, рівномірний за всією масою	Відповідає вимогам				

Як свідчать дані табл. 2, зовнішній вигляд, консистенція, смак, запах і колір питного молока всіх досліджуваних зразків відповідає вимогам.

Наступним кроком досліджень було визначення фізико-хімічних показників якості молока питного, зокрема повноти наливу (см^3), титрованої кислотності ($^{\circ}\text{T}$) та густини продукту ($\text{кг}/\text{м}^3$). Результати досліджень наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники якості молока питного

Показник	Вимоги	Досліджувані зразки				
		Селянське	Ферма	Простоквашино	Слов'яночка	Яготинське
Повнота наливу, (см^3)	$\pm 10 \text{ см}^3$	-30	-25	-30	0	-30
Титрована кислотність, $^{\circ}\text{T}$, не більше ніж:	21	27	23	28	23	27
Густина, $\text{кг}/\text{м}^3$, не менше ніж:	1027	1034	1029	1030	1027	1030

За повнотою наливу всі досліджувані зразки молока питного, крім зразка «Слов'яночка», не відповідають вимогам Рекомендацій Р 50-056-96 «Продукція фасована в пакованні. Загальні технічні вимоги». При цьому відхилення в повноті наливу складають на $25\text{—}30 \text{ см}^3$ менше, ніж зазначений об'єм. Показник титрованої кислотності всіх досліджуваних зразків молока питного перевищує нормативне значення на $9,5\text{—}33\%$. Густина всіх досліджуваних зразків,

окрім зразка «Слов'яночка», також перевищує показник, встановлений нормативними документами.

В цілому дослідження показали, що серед представлених на аналіз зразків молока питного (торговельні марки «Простоквашино», «Яготинське», «Селянське», «Слов'яночка», «Ферма») вимогам нормативно-технічної документації за органолептичними та фізико-хімічними показниками найбільше відповідав зразок «Слов'яночка».

Під час експертизи якості молока важливе значення має ідентифікація виду молока і виявлення наявної фальсифікації. Основними видами фальсифікації молока і молочної продукції є асортиментна, якісна, кількісна, вартісна та інформаційна [8].

Представлені для дослідження зразки молока питного було перевірено на наявність соди, аміаку, пероксиду водню, формальдегіду, а також крохмалю і борошна. Соду додають у молоко з метою його нейтралізації. Таке молоко швидко псується, в ньому розвивається стороння мікрофлора, особливо гнильна, що робить його непридатним і шкідливим для споживання. Аміак природно міститься у молоці у вигляді солей органічних кислот (зв'язаний аміак) і у вільному стані. Його вміст у свіжому молоці становить близько 0,5—0,6 мг%. В молоці можна виявити 639 мг% аміаку. Реакція є дуже чутливою. Пероксид водню іноді додають в молоко для запобігання його зсіданню. Формалін додають з метою консервування проб молока. Законсервоване молоко непридатне до вживання та перероблення на продукти харчування. Борошно або крохмаль додаються в молоко з метою підвищення вмісту сухих речовин і, як наслідок, густини. Додавання до молока борошна або крохмалю сумнівної якості може призвести до непридатності його до споживання.

Результати досліджень наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Визначення фальсифікації досліджуваних зразків молока питного пастеризованого

Показник	Досліджувані зразки				
	Селянське	Ферма	Простоквашино	Слов'яночка	Яготинське
Наявність соди: - за бромтимоловим синім - за розоловою кислотою	<i>виявлено</i>				
Наявність аміаку	не виявлено				
Наявність пероксиду водню	не виявлено				
Наявність формальдегіду	не виявлено				
Наявність крохмалю та борошна	не виявлено				

Зміну забарвлення молока під час визначення наявності в ньому соди з використанням бромтимолового синього та розолової кислоти наведено на рис. 3.

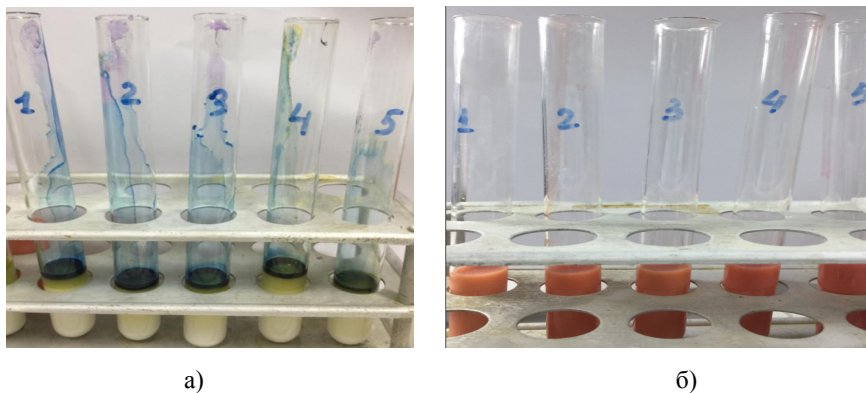


Рис. 3. Зміна забарвлення з використанням а) бромтимолового синього та б) розолової кислоти: 1 — «Простоквашино»; 2 — «Ферма», 3 — «Селянське»; 4 — Слов'яночка»; 5 — «Яготинське»

У результаті досліджень встановлено, що в усіх представлених для аналізу зразках молока питного наявна сода.

Висновки

Встановлено, що споживачі віддають перевагу питному молоку з вмістом жиру 2,5%. При цьому варто звернути увагу на недовіру споживачів до вітчизняних виробників молочної продукції. Більшість респондентів (82,5%) впевнені, що не вся продукція відповідає вимогам нормативно-технічної документації за показниками якості.

Слід відзначити, що аналіз споживчого маркування досліджуваних зразків молока питного свідчить про дотримання вимог ДСТУ 2661:2010 всіма виробниками. Крім того, встановлено, що вимогам стандарту всі досліджувані зразки відповідають також і за органолептичними показниками. Разом з тим аналіз фізико-хімічних показників якості молока питного показав, що за повнотою наливу всі досліджувані зразки молока питного, крім зразка «Слов'яночка», не відповідають вимогам Рекомендацій Р 50-056-96. При цьому відхилення в повноті наливу складають на 25—30 см³ менше, ніж зазначений об'єм. Показник титрованої кислотності всіх зразків молока питного перевищує нормативне значення на 9,5—33%. Густина всіх досліджуваних зразків, окрім зразка «Слов'яночка», також перевищує показник, встановлений нормативними документами.

Дослідження, проведені з метою виявлення фальсифікації молока, показали, що в представлених для аналізу зразках відсутні аміак, пероксид водню, формальдегід і крохмаль. Проте в усіх зразках виявлено соду.

Отримані результати свідчать про недобросовісність вітчизняних виробників молочної продукції (враховуючи, що перевірки підлягали далеко не всі показники якості молока, регламентовані нормативно-технічною документацією). Отже, дослідження, пов'язані з питаннями ідентифікації та методології визначення фальсифікації молока і молочних товарів, є важливим завданням в контексті забезпечення національної безпеки держави.

Література

1. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія молока і молочних продуктів: навчальне видання. К.: Вища освіта, 2006. 351 с.
2. Крамаренко О. С. Біохімія молока і молочних продуктів: курс лекцій. Миколаїв: МНАУ, 2017. 96 с.
3. Як новий стандарт щодо якості молока вплине на селян: важливі деталі. URL: <https://agropolit.com/news/10915-yak-noviy-standart-schodo-yakosti-moloka-vpline-na-selyan-vajlivi-detali> (дата звернення 10.02.109).
4. Новгородська Н. В., Блашук В. В. Проблеми якості молока в Україні. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2015. Том 17, № 1(61). Частина 4. С. 72—76.
5. Ринок молока: порівняльно-правове дослідження відповідності законодавства України ACQUIS COMMUNAUTAIRE Європейського Союзу. URL: <https://minjust.gov.ua/files/general/2012/05/17/201205170000007326.pdf> (дата звернення 10.02.2019).
6. Стало відомо, які насправді молоко і сир вживають українці. URL: <https://narodna-pravda.ua/2017/11/17/stalo-vidomo-yaki-naspravdi-moloko-i-syr-vzhyvayut-ukrayintsi/> (дата звернення 10.02.109).
7. Дубініна А. А. та ін. Методи визначення фальсифікації товарів: підручник. К.: «Видавничий дім «Професіонал», 2017. 272 с.
8. Куликовская Т. С., Гусева Т. Б., Караньян О. М., Маркевич Т. Е. Обеспечение безопасности и качества масла сливочного и молочных консервов (Российская Федерация). Федеральное агентство по государственным резервам. URL: <http://rosreserv.ru/-folder/1> (дата звернення 10.04.2019).
9. Молчанова К. В., Фомина Е. Н., Носенко А. Л. Меламин в молочных и пищевых продуктах: динамика и современные подходы к решению проблемы. Институт экогигиены и токсикологии им. Л. И. Медведя. URL: <http://www.medved.riev.ua> (дата звернення 19.04.2019).
10. Turnipseed S., Casey C., Nochetto C., Heller D. N. Determination of melamine and cyanuric acid residues. Laboratory information. October 2008. Vol. 24. bulletin № 4421.
11. Назаренко Л. О. Експертиза товарів (Експертиза продовольчих товарів): навч. посібник. К.: «Центр учбової літератури», 2017. 312 с.

MICROBIOLOGICAL SAFETY OF CREAM-WHIPPED CANDIES WITH CHIA SEEDS

E. Shydakova-Kamieniuka, O. Shklyaiiev

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

A. Rohova

Poltava University of Economics and Trade

Key words:

Chia seeds
Cream-whipped candy
Antimicrobial properties
Microbiological safety
Storage

Article history:

Received 14.05.2019
Received in revised form
30.05.2019
Accepted 13.06.2019

Corresponding author:

E. Shydakova-Kamieniuka

E-mail:

shidakovae@gmail.com

ABSTRACT

The paper presents the results of studies of microbiological characteristics and antimicrobial properties of chia seeds, indicators of microbiological safety of cream-whipped candies with chia seeds during storage for 60 days.

Samples of chia seeds and cream-whipped candies with chia seeds were made using various gelling agents (agar-agar, pectin, modified starch). Analysis of the microbiological indicators of chia seeds indicates its insignificant microbial contamination. It is noted that the additive is characterized by the absence of conditionally pathogenic (*Staphylococcus aureus*) and pathogenic microflora (*Salmonella typhimurium*), and the content of mold and yeast meets the requirements of regulatory documentation.

It has been established that chia seeds practically do not affect the development of spore-forming bacteria, but completely inhibits the development of the test cultures of *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus fumigatus* (mold) and *Saccharomyces cerevisiae* (yeast). The antimicrobial properties of chia seeds can be explained by high content of phenolic compounds (chlorogenic, caffeic acids, quercetin, myricetin, polyphenolic compounds) and the synergistic action of vitamins and phenolic substances.

The study of the microbiological safety of cream-whipped candies with chia seeds during storage for 60 days showed that the bacteria of the *Escherichia coli*, *Staphylococcus* and *Salmonella* groups were not detected in any of the samples. It is noted that, regardless of the type of gelling agent used in the formulation, chia seeds inhibit the accumulation of mesophilic aerobic and optionally anaerobic microorganisms, yeast and molds in cream whipped candies. The effectiveness of inhibition by the development of mold and yeast is almost independent of the type of the used gelling agent. However, in samples of candies made from modified starch, chia seeds exhibit more pronounced antimicrobial effect on mesophilic aerobic and optionally anaerobic microorganisms.

That is, the use of chia seeds in the technology of cream-whipped candies will extend the shelf life of products.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-27

МІКРОБІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА КРЕМОВО-ЗБИВНИХ ЦУКЕРОК З НАСІННЯМ ЧІА

О. Г. Шидакова-Каменюка, О. М. Шкляєв

Харківський державний університет харчування та торгівлі

А. Л. Рогова

Полтавський університет економіки і торгівлі

У статті наведено результати досліджень мікробіологічних характеристик та антимікробних властивостей насіння чіа, показників мікробіологічної безпеки кремово-збивних цукерок з насінням чіа під час зберігання впродовж 60 діб.

Дослідженню підлягали зразки насіння чіа та кремово-збивних цукерок з насінням чіа, виготовлених з використанням різних драглеутворювачів (агар-агару, пектину, модифікованого крохмалю). Аналіз мікробіологічних показників насіння чіа свідчить про його невисоку обнасіненість. Відзначається, що добавка характеризується відсутністю умовно-патогенної (*Staphylococcus aureus*) та патогенної мікрофлори (*Salmonella typhimurium*), а за вмістом плісняв і дріжджів відповідає вимогам нормативної документації.

Встановлено, що насіння чіа практично не впливає на розвиток споротворювальних бактерій, але повністю пригнічує розвиток тест-культур *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus fumigatus* (плісняв) та *Saccharomyces cerevisiae* (дріжджів). Антимікробні властивості насіння чіа можна пояснити високим вмістом у ньому фенольних сполук (хлорогенової, кофеїнової кислот, кверцетину, мірицетину, поліфенольних з'єднань) та синергізмом дії вітамінів і фенольних речовин.

Дослідження мікробіологічної безпеки кремово-збивних цукерок з насінням чіа під час зберігання впродовж 60 діб показали, що бактерії групи кишкової палички, стафілококи та сальмонели не були виявлені ні в одному зі зразків. Відзначається, що незалежно від виду використаного в рецептурі драглеутворювача, насіння чіа пригнічує накопичення в кремово-збивних цукерках МАФАНМ, дріжджів і плісняв. Ефективність гальмування добавкою розвитку плісняв і дріжджів практично не залежить від виду використаного драглеутворювача. Однак у зразках цукерок, виготовлених на модифікованому крохмалі, насіння чіа проявляє більш виражену антимікробну дію стосовно МАФАНМ. Тобто використання насіння чіа в технології кремово-збивних цукерок дає змогу подовжити терміни зберігання продукції.

Ключові слова: насіння чіа, кремово-збивні цукерки, антимікробні властивості, мікробіологічна безпека, зберігання.

Постановка проблеми. Сучасні тенденції в розвитку харчової індустрії значною мірою орієнтовані у бік створення безпечних і корисних для здоров'я людини харчових продуктів. Цей факт ставить перед виробниками завдання внесення до традиційних технологій певних змін, акцентованих на використання нових сировинних інгредієнтів з високим вмістом фізіологічно

корисних нутрієнтів [1]. Аналіз даних статистики свідчить про стабільність попиту в Україні на цукеркові вироби. Зокрема, приріст обсягу виробництва цукерок у 2018 р. порівняно з 2017 р. становив близько 10% [2]. Зазначене свідчить про актуальність вибору цукеркових виробів як об'єкта для збагачення важливими для людини речовинами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед цукеркових виробів значною популярністю користується продукція, виготовлена на основі збивних мас. Такі цукерки відрізняються піноподібною структурою, ніжною консистенцією та приємними смаковими властивостями. Покращенню нутрієнтного складу збивних цукерок сьогодні приділяють увагу багато дослідників. Зокрема, під час виготовлення збивних цукеркових мас запропоновано використання ягідних і фруктових пюре (з обліпихи, журавлини, брусниці [3], ківі та фейхоа [4]), порошоків (порічки [5], журавлини, чорноплідної горобини [6]), соку з бульб топінамбура [7], концентрату сироваткових білків [8] тощо.

Значним потенціалом для використання як збагачувальної добавки володіє насіння чіа (*Salvia hispanica*). Перспективність використання насіння чіа в технологіях харчової продукції обґрунтована наявністю у його складі біологічно цінних білків, ω -3 жирних кислот, харчових волокон, мінеральних речовин, вітамінів та інших важливих нутрієнтів у значимій для організму людини кількості [9; 10]. Крім того, у 2009 р. цю культуру схвалено Європейським парламентом як новий продукт харчування [11], що зумовлено широким спектром його корисних властивостей і гіпоалергійністю.

Технологія кремovo-збивних цукерок, розроблена з використанням насіння чіа [12], передбачає використання зазначеної добавки в цілому (у кількості 40% від маси сухого альбуміну) та у подрібненому (у кількості 40% від маси жиру) вигляді. Внесення цілого насіння здійснюється після попередньої гідратації на стадії отримання пінної маси, а подрібненого — на стадії отримання емульсійного напівфабрикату.

Важливим показником, що визначає якість кремovo-збивних цукерок, є їх безпечність для здоров'я споживача впродовж регламентованого терміну зберігання. Розроблені кремovo-збивні цукерки характеризуються відносно високою вологістю та наявністю у рецептурі білоквмісних рецептурних інгредієнтів (яєчного альбуміну, маргарину, насіння чіа). Зазначене є позитивним чинником для розвитку мікроорганізмів. Зважаючи на це, важливим було оцінювання мікробіологічної безпеки розроблених цукерок у процесі зберігання.

Мета дослідження: оцінювання мікробіологічних характеристик насіння чіа, його антимікробних властивостей і показників мікробіологічної безпеки кремovo-збивних цукерок з додаванням насіння чіа під час зберігання.

Матеріали і методи. Для досліджень обрано насіння чіа врожаю 2016 р. (країна походження Болівія). Також дослідженню підлягали зразки кремovo-збивних цукерок, виготовлені з використанням різних драглеутворювачів:

- кремovo-збивні цукерки без добавки на агар-агарі;
- кремovo-збивні цукерки з додаванням насіння чіа на агар-агарі;
- кремovo-збивні цукерки без добавки на пектині;
- кремovo-збивні цукерки з додаванням насіння чіа на пектині;
- кремovo-збивні цукерки без добавки на модифікованому крохмалі;

- кремово-збивні цукерки з додаванням насіння чіа на модифікованому крохмалі.

Зразки цукерок зберігали за стандартних умов (температура $20 \pm 2^\circ\text{C}$) у поліетиленовій плівці впродовж 60 діб. Відбір проб для аналізу здійснювали кожні 10 діб.

У насінні чіа дослідженню підлягали такі мікробіологічні характеристики: вміст пліснявих грибів (*Aspergillus fumigatus*), дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*), умовно-патогенних (*Staphylococcus aureus*) і патогенних (*Salmonella typhimurium*) мікроорганізмів.

Антимікробні властивості насіння чіа оцінювали за його здатністю пригнічувати зростання мікроорганізмів, посіяних на поверхні агару. Зразок насіння чіа розтирали, розводили 1:5 фосфатним буфером, відбирали в окремі пробірки проби по 10 мл та вносили відповідні тест культури (по 0,1 мл). Вміст кожної пробірки перемішували, відбирали по 1 мл в чашку Петрі та додавали 15...20 мл розплавленого та охолодженого до 45°C поживного середовища (агару). Додатково проводили контроль мікробіологічної чистоти розчинника: для цього в чашці Петрі змішували 1 мл фосфатного буферу з 15...20 мл, розплавленого та охолодженого до 45°C поживного середовища. Всі посіви інкубували протягом 5 діб за температури $32,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$. Після завершення інкубації підраховували кількість КУО на чашках з досліджуваним зразком і без зразка та визначили коефіцієнт відновлення, що виражає ступінь пригнічення росту мікроорганізмів. Як тест-культур використовували *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Aspergillus fumigatus* та *Saccharomyces cerevisiae*.

Мікробіологічну безпеку кремово-збивних цукерок визначали за кількістю мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*), пліснявих грибів (*Aspergillus fumigatus*), наявністю бактерій групи кишкової палички (БГКП), *Staphylococcus aureus* та *Salmonella typhimurium*.

Визначення мікробіологічних показників здійснювали згідно з методами, затвердженими Міністерством охорони здоров'я України і державними стандартами.

Викладення основних результатів дослідження. На першому етапі оцінювали мікробіологічну безпеку насіння чіа, яке обрано як збагачувальна добавка в технології кремово-збивних цукерок (табл. 1).

Таблиця 1. Показники мікробіологічної безпеки насіння чіа

Показник	ГДК	Вміст у насінні чіа, КУО/г
<i>Aspergillus fumigatus</i>	100	10
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	50	4
<i>Staphylococcus aureus</i>	не допускаються в 0,01 г продукту	відсутні
<i>Salmonella typhimurium</i>	не допускаються в 25 г продукту	відсутні

Аналіз мікробіологічних показників насіння чіа свідчить про його невисоку обнасененість. Відзначається, що добавка характеризується відсутністю умовно-патогенної (*Staphylococcus aureus*) та патогенної мікрофлори (*Salmo-*

nella typhimurium), а за вмістом плісняв і дріжджів відповідає вимогам нормативної документації.

За даними зарубіжних дослідників, насіння чіа містить значну кількість фенольних речовин [10], яким притаманні виражені бактерицидні властивості.

Зважаючи на це, на наступному етапі досліджували антимікробні властивості добавки (табл. 2).

Таблиця 2. Результати визначення антимікробних властивостей насіння чіа

Назва тест-штаму	Число КУО на чашці (середнє значення)		Коефіцієнт відновлення, %	Наявність антимікроб- ної дії
	без насіння чіа (контроль)	з насінням чіа		
<i>Bacillus subtilis</i>	79	82	103,8	ні
<i>Staphylococcus aureus</i>	77	0	0	так
<i>Aspergillus fumigatus</i>	78	0	0	так
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	79	0	0	так

Встановлено, що насіння чіа практично не впливає на розвиток споротворювальних бактерій — кількість мікроорганізмів *Bacillus subtilis* у зразку з насінням чіа та контрольному майже однакова. Однак відзначено виражений антимікробний ефект добавки щодо плісняв (тест-культура *Aspergillus fumigatus*) і дріжджів (тест-культура *Saccharomyces cerevisiae*). Також насіння чіа повністю пригнічує ріст тест-культури *Staphylococcus aureus* (на чашках зі зразкомі тест-культурою були поодинокі колонії, що відносились до власної мікрофлори зразка та не належали до роду *Staphylococcus*). Антимікробні властивості насіння чіа можна пояснити високим вмістом у ньому фенольних сполук (хлорогенової, кофейнової кислот, кверцетину, мірицетину, поліфенольних з'єднань) і синергізмом дії вітамінів та фенольних речовин.

Отриманні результати свідчать про перспективність використання насіння чіа в технологіях харчової продукції з пролонгованим терміном зберігання для запобігання мікробіологічному псуванню готових виробів.

Проведено дослідження динаміки змін показників мікробіологічної безпеки розроблених зразків кремowo-збивних цукерок з насінням чіа у процесі зберігання. Згідно з гігієнічними нормативами контролю мають підлягати такі мікроорганізми: санітарно-показові (МАФАНМ та БГКП), умовно-патогенні (в т. ч. стафілококи), патогенні (в т. ч. сальмонели) та мікроорганізми псування (в основному це плісняви та дріжджі).

Дослідження показали, що бактерії групи кишкової палички, стафілококи та сальмонели не були виявлені в жодному зі зразків. Це свідчить, зокрема, про дотримання санітарно-гігієнічних норм під час виготовлення та зберігання продукції. Значення інших оцінюваних мікробіологічних показників не перевищують встановлені у ДСТУ 4135 гранично допустимі норми для кремowo-збивних цукерок (МАФАНМ — не більше $1 \cdot 10^4$ КУО/г, плісняв — не більше 100 КУО/г, дріжджів — не більше 50 КУО/г).

Відзначається, що незалежно від виду використаного в рецептурі драглетотворювача насіння чіа пригнічує накопичення в кремowo-збивних цукерках МАФАНМ, дріжджів і плісняв (рис. 1—3).

Зокрема, дослідження показали, що в контрольних зразках кремово-збивних цукерок мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні організми з'являються на 10 день зберігання, плісняви та дріжджі — на 20 день, у той час, як у цукерках з додаванням насіння чіа — лише на 20 та 30 день відповідно.

Незважаючи на близьку тенденцію змін мікробіологічних показників цукерок в процесі зберігання, загальна обнасененість досліджуваних зразків залежить від виду використаного драглеутворювача. За результатами аналізу відмічено, що зразки цукерок на агар-агарі та пектині характеризуються близькими значеннями МАФАНМ, дріжджів і плісняв (рис. 1, 2).

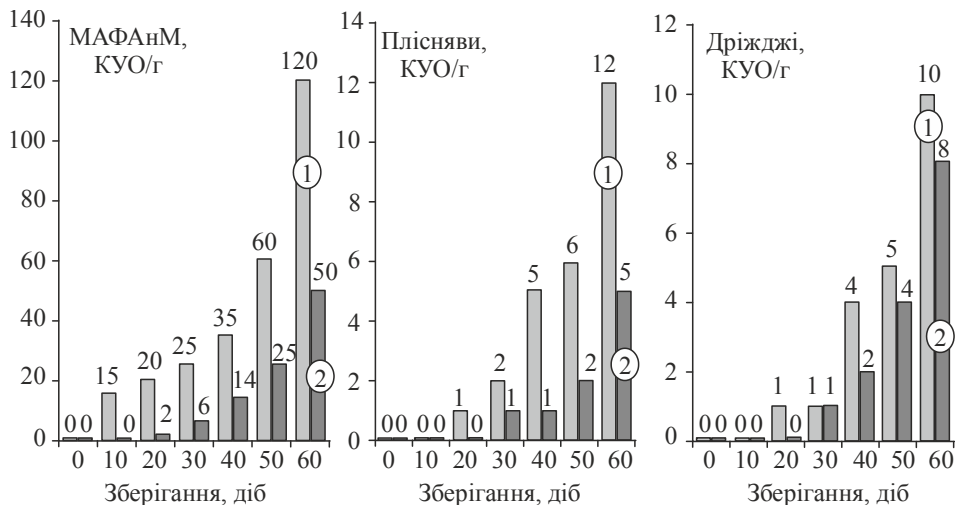


Рис. 1. Зміни мікробіологічних показників кремово-збивних цукерок на агар-агарі: 1 — контроль; 2 — з насінням чіа

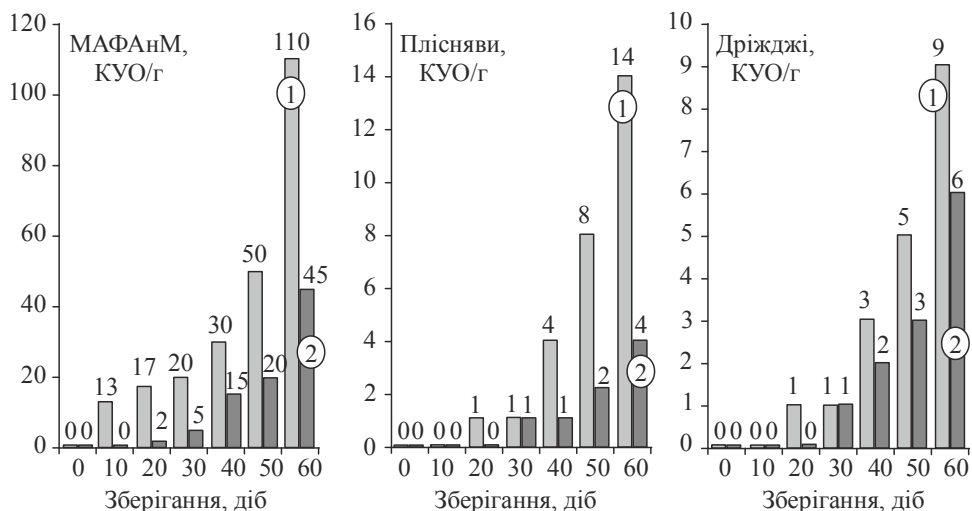


Рис. 2. Зміни мікробіологічних показників кремово-збивних цукерок на пектині: 1 — контроль; 2 — з насінням чіа

Однак у разі застосування як драглеутворювача модифікованого крохмалю зразкам притаманні більш високі значення цих показників (рис. 3).

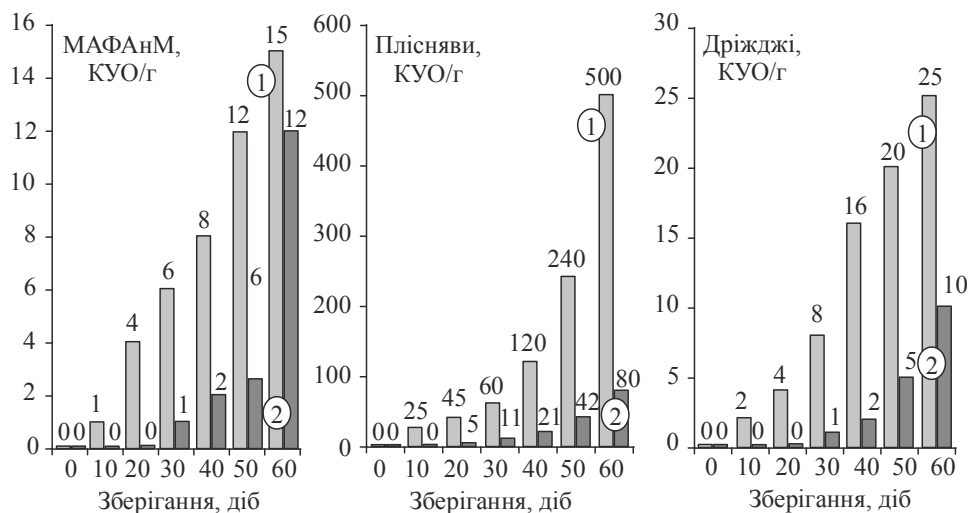


Рис. 3. Зміни мікробіологічних показників кремково-збивних цукерок на модифікованому крохмалі: 1 — контроль; 2 — з насінням чіа

З результатів досліджень видно, що через 60 дб зберігання контрольний зразок на модифікованому крохмалі містить більшу кількість МАФАНМ, дріжджів і плісняв, ніж контроль на агар-агарі, — у 4,2; 2,1 та 1,5 рази відповідно.

Більш високий вміст мікроорганізмів у зразках на модифікованому крохмалі можна пояснити декількома чинниками. По-перше, можливо, модифікованому крохмалю була властива вища початкова обнасененість. По-друге, під впливом технологічних чинників крохмаль легше підлягає гідролізу, ніж агар-агар та пектин. Як наслідок, утворюються моно-, дисахариди та декстрини, які можуть бути поживним середовищем для розвитку оцінюваної мікрофлори.

Узагальнення отриманих результатів (табл. 3) дає змогу стверджувати, що насіння чіа сприяє суттєвому уповільненню розвитку мікроорганізмів у кремково-збивних цукерках через 60 дб зберігання.

Таблиця 3. Гальмувальний ефект насіння чіа на розвиток мікроорганізмів у кремково-збивних цукерках через 60 дб зберігання

Зразки кремково-збивних цукерок	Ефект гальмування розвитку мікроорганізмів на 60 добу		
	МАФАНМ	Плісняви	Дріжджі
на агар-агарі	2,4 рази	2,4 рази	1,3 рази
на пектині	2,4 рази	3,5 рази	1,5 рази
на модифікованому крохмалі	6,3 рази	2,5 рази	1,3 рази

Відмічається, що ефективність гальмування добавкою розвитку плісняв і дріжджів практично не залежить від виду використаного драглеутворювача.

Однак необхідно зазначити, що у зразках цукерок, виготовлених на модифікованому крохмалі, насіння чіа більш ефективно пригнічує зростання мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів.

Висновки

Відзначено, що насіння чіа, яке обрано як збагачувальна добавка в технології кремово-збивних цукерок, характеризується невисокою мікробіологічною обнасеністю. *Staphylococcus aureus* та *Salmonella typhimurium* в ньому відсутні, а за вмістом плісняв і дріжджів насіння чіа відповідає вимогам нормативної документації.

Встановлено виражений антимікробний ефект добавки стосовно плісняв, дріжджів і золотистого стафілококу.

Відмічено, що насіння чіа сприяє суттєвому уповільненню розвитку мікроорганізмів у кремово-збивних цукерках через 60 діб зберігання. Ефективність гальмування добавкою розвитку плісняв і дріжджів практично не залежить від виду використаного драглеутворювача. Однак у зразках цукерок, виготовлених на модифікованому крохмалі, насіння чіа більш ефективно пригнічує зростання мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів порівняно з цукерками на пектині та агар-агарі.

Отже, використання насіння чіа в технології кремово-збивних цукерок дає змогу подовжити терміни зберігання продукції.

Подальші дослідження планується здійснювати у напрямку вивчення змін фізико-хімічних показників якості кремово-збивних цукерок з насінням чіа під час зберігання.

Література

1. Сімахіна Г., Науменко Н. Інновації у харчових технологіях. *Товари і ринки*. 2015. № 1. С. 189—201.
2. Про соціально-економічне становище України за січень-квітень 2018 року. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/soc_ek/2018/publ_04_2018_u.html, вільний. (дата звернення: 21.02.2019).
3. А. с. 1785423 РФ, МКИ А 23 G 3/00 Способ производства сбивных конфетных масс типа «Птичье молоко» / С. Я. Корячкина, В. П. Корячкин, И. В. Сандранова, С. А. Скогорева (РФ); заявл. 10.07.1990 ; Опубл. 30.12.92, Бюл. № 48.
4. Киласония К. Г. Использование пюре фейхоа и киви для получения сбивных кондитерских изделий. *Пищевая промышленность*. 2004. № 12. С. 79.
5. Алексеенко Е. В., Чернобровина А. Г.; Траубенберг С. Е., Остащенко Н. В. Продукты ферментативной модификации ягод красной смородины. *Пиво и напитки*. 2011. № 6. С. 8—9.
6. Степанова Н. Ю. Исследование свойств и применение растительных пигментов. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*, 2015. С. 56—64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-svoystv-i-primenenie-rastitelnyh-pigmentov>, свободный (дата обращения: 22.02.2019).
7. Дождалева М. И., Гончар В. В., Калашнова Т. В. Разработка технологий и рецептур диабетических сахаристых кондитерских изделий с использованием продуктов переработки клубней топинамбура. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2011. № 2—3. С. 66—69.

8. Каліновська Т. В. Оболкіна В. І. Особливості технології збивних цукеркових мас при використанні концентрату сироваткових білків в якості піноутворювача. *Продовольчі ресурси. Сер. Технічні науки*. 2014. № 3. С. 31—35.

9. Шидакова-Каменюка О. Г., Шкляєв О. М., Рогова А. Л. Аналіз хімічного складу насіння чіа як перспективної сировини для кондитерських виробів. *Прогресивні техніка та технологія харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі* : зб. наук. праць Харківського державного університету харчування та торгівлі. 2017. Вип. 1 (25). С. 80—91.

10. Coelho Michele Silveira, Myriam de las Mercedes Salas-Mellado. Chemical Characterization of CHIA (*Salvia hispanica* L.) for Use in Food Products. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2014. Vol. 2, No. 5. 263—269. DOI: 10.12691/jfnr-2-5-9.

11. EU Commission, Authorizing the placing on the market of chia seed (*Salvia hispanica*) as novel food ingredient under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the EU*. 2009. С. 7645.

12. Спосіб виготовлення збивних цукерок : пат. 126753 Україна : МПК (2006.01) А 23 G 3/52. О. Г. Шидакова-Каменюка, О. В. Самохвалова, О. М. Шкляєв, К. Р. Касабова. № u201711469 ; заявл. 23.11.2017 ; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13.

THE STUDY DEFENSIVE CHARACTERISTICS OF SEA BUCKTHORN BERRIES FOR THE IONS Pb (II), Cd (II), Hg (II)

E. Kostenko, L. Melnik, E. Butenko, S. Matko

National University of Food Technologies

Key words:

*toxic metals
defensive characteristic
food-stuffs*

Article history:

Received 16.05.2019
Received in revised form
31.05.2019
Accepted 10.06.2019

Corresponding author:

E. Kostenko
E-mail:
kostenkoelizaveta
@ukr.net

ABSTRACT

The protective properties of berries of sea buckthorn for the ions of toxic metals such as Pb (II), Hg (II), Cd (II) were investigated for the first time. The following results were obtained for determining the values of tread properties for toxic metal ions (%/1 g of specimen): ITP-Pb = 98.93±0.2, ITP-Cd = 80.55±0.1, ITP-Hg = 95.43±0.3 for crushed dried berries; ITP-Pb = 38.41±0.3, ITP-Cd = 1.78±0.2, ITP-Hg = 55.11±0.2 for shredded fresh berries; ITP-Pb = 38.40±0.2, ITP-Cd = 1.75±0.1, ITP-Hg = 57.61±0.2 for puree, obtained by steam blanching. The quantitative characteristics of the binding ability of the investigated samples are obtained. According to the ability to adsorb by dried ground berries of sea buckthorn, toxic metals can be arranged in the following sequence: Pb > Hg > Cd. A similar relationship coincides with the literature data on the stability of complex compounds of the investigated metals with O-, N-, S-containing organic complexing organic reagents. This indicates the reliability of the results. According to the ability to adsorb by the freshly ground berries of sea buckthorn and mashed potatoes, obtained by blending steam, the metals can be arranged in the following sequence: Hg > Pb > Cd. It was found that fresh berries of sea buckthorn showed the best tread properties towards mercury. That is, the introduction of the test sample into new sauces should give them certain tread properties, especially towards mercury and plumbum and less towards cadmium. A similar dependency is observed for mash obtained by blending steam.

Significantly greater binding ability of crushed dried samples of sea buckthorns compared to mash and fresh berries can be explained by different consistency of samples. Since, the bell pegs include substances that are able to bind ions Pb (II), Cd (II), Hg (II) as due to complexation with functional-active groups (FAU) of their main components (proteins, pectin substances, vitamins etc.), and due to the physical adsorption of these ions by the surface of sea buckthorn, the possible chemistry of complex formation in such systems is considered.

Data are used to create new sauces with enhanced tread properties towards Pb (II), Hg (II), Cd (II) ions.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-28

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТЕКТОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЯГІД ОБЛІПИХИ ЩОДО ІОНІВ Pb (II), Cd (II) ТА Hg (II)

Є. Є. Костенко, Л. М. Мельник, О. М. Бутенко, С. В. Матко
Національний університет харчових технологій

У статті вперше досліджені протекторні властивості ягід обліпихи щодо іонів таких токсичних металів, як Pb (II), Hg (II), Cd (II). Отримано результати визначення показників протекторних властивостей щодо іонів токсичних металів (%/1 г зразка): ППВ-Pb = $98,93 \pm 0,2$, ППВ-Cd = $80,5 \pm 0,1$, ППВ-Hg = $95,43 \pm 0,3$ для подрібнених висушених ягід; ППВ-Pb = $38,41 \pm 0,3$, ППВ-Cd = $1,78 \pm 0,2$, ППВ-Hg = $55,11 \pm 0,2$ для подрібнених свіжих ягід; ППВ-Pb = $38,40 \pm 0,2$, ППВ-Cd = $1,75 \pm 0,1$, ППВ-Hg = $57,61 \pm 0,2$ для пюре, отриманого бланшуванням парою.

За здатністю адсорбуватися висушеними подрібненими ягодами обліпихи токсичні метали можна розташувати у такий ряд: Pb > Hg > Cd. Подібна залежність збігається з даними літератури щодо стійкості комплексних сполук досліджуваних металів з O-, N-, S-вмісними органічними комплексоутворюючими органічними реагентами. Це свідчить про достовірність отриманих результатів. За здатністю адсорбуватися свіжими подрібненими ягодами обліпихи та пюре, отриманого бланшуванням парою, метали можна розташувати у такий ряд: Hg > Pb > Cd. Видно, що свіжі ягоди обліпихи виявили найкращі протекторні властивості щодо ртуті. Тобто внесення досліджуваного зразка до складу нових соусів повинно надати їм певних протекторних властивостей перш за все щодо ртуті та плюмбуму і менших — щодо кадмію. Аналогічна залежність спостерігається і для пюре, отриманого бланшуванням парою. Значно більшу зв'язувальну здатність подрібнених висушених зразків обліпихи порівняно з пюре та свіжими ягодами можна пояснити різною консистенцією зразків.

Оскільки, до складу обліпихи входять речовини, що здатні зв'язувати іони Pb (II), Cd (II), Hg (II) як за рахунок комплексоутворення з функціонально-активними угрупованнями (ФАУ) їх основних компонентів (білки, пектинові речовини, вітаміни тощо), так і за рахунок фізичної адсорбції цих іонів поверхнею обліпихи, розглянуто можливий хімізм комплексоутворення в таких системах.

Отримана інформація була використана при розробці нових соусів з протекторними властивостями до іонів токсичних металів.

Ключові слова: токсичні метали, протекторні властивості, харчові продукти.

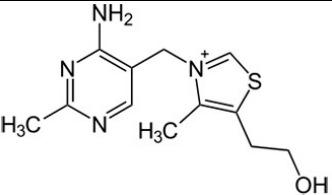
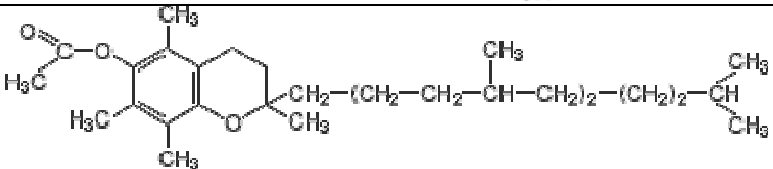
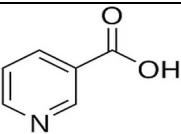
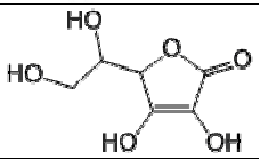
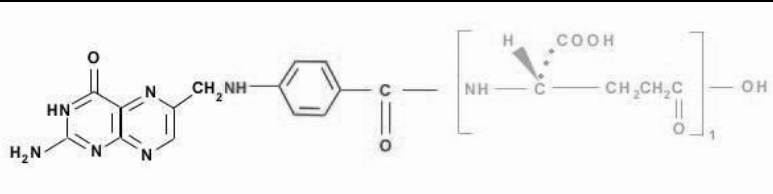
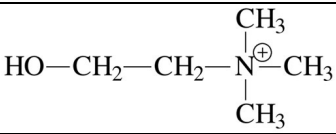
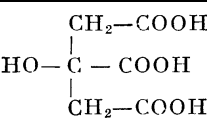
Постановка проблеми. З давніх часів відомо, що ягоди обліпихи є джерелом багатьох цінних речовин, які зумовлюють її поживні та лікувальні властивості. Рослина користувалася популярністю в народній медицині Китаю, Риму, Греції. Обліпиху застосовували для терапії захворювань шлунково-кишкового тракту, легенів, печінки. Крім цього, плоди рослини використовували для лікування авітамінозів і ревматизму. Нині обліпиха продовжує

користуватися великим попитом. Крім застосування рослини в нетрадиційній медицині, її використовують в кулінарії та косметології. З плодів обліпихи роблять повидло, варення, компоти. Крім цього, вона здатна надати будь-якій страві ненав'язливу кислинку і неповторний аромат. Рослину називають ще золотим деревом, сибірським ананасом [1—4].

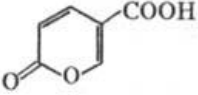
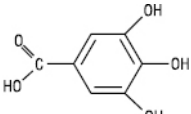
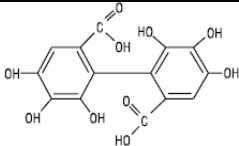
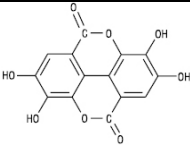
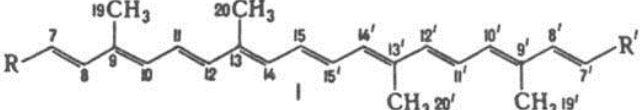
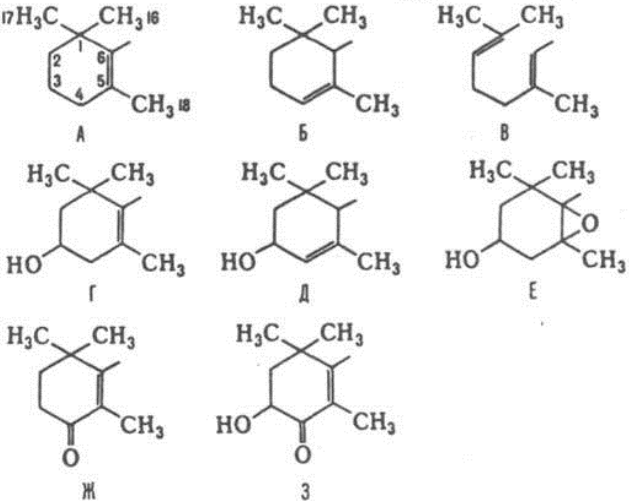
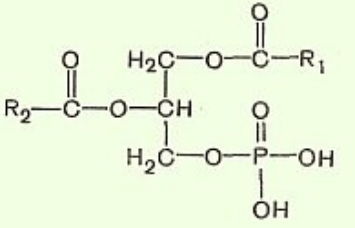
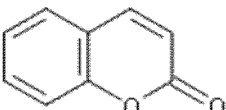
У Франції, Фінляндії та країнах Скандинавії плоди обліпихи використовують як пряну приправу для рибних і м'ясних страв, застосовують при створенні особливого сорту хліба.

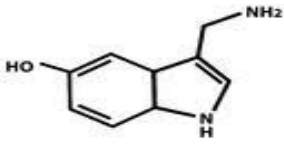
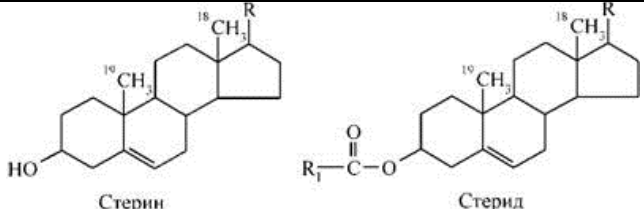
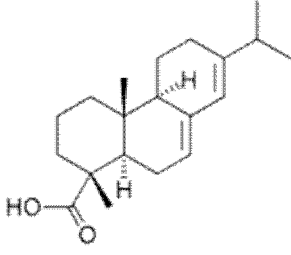
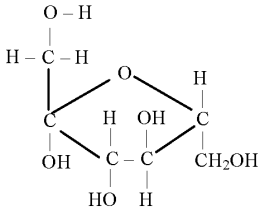
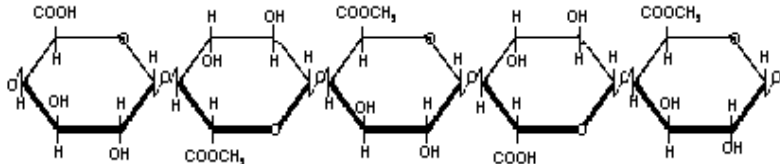
До складу обліпихи входять такі органічні речовини (табл. 1)

Таблиця 1. Структурні формули біологічно активних речовин, які зумовлюють поживні та лікувальні властивості ягід обліпихи

Вітамін В 1 (тіамін)	
Вітамін Е (токоферол)	
Вітамін РР (нікотинова кислота)	
Вітамін С (аскорбінова кислота)	
Вітамін В 9 (фолієвая кислота)	
Холін (Вітамін В4)	
Лимонна кислота	

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Яблучна кислота	 I		
Дубильні речовини	 галова кислота	 гексагідроксидифенова кислота	 елагова кислота
Каротиноїди	  1а R=R'=A; 1б R=A, R'=Б; 1в R=A, R'=В; 1г R=R'=Б; 1д R=R'=В; 1е R=Г, R'=Д; 1ж R=R'=Е; 1з R=Г, R'=А.		
Фосфоліпіди	 Фосфатидная кислота		
Кумарини			

Серотонін	<p>Serotonin</p> 
Стеарин	 <p style="display: flex; justify-content: space-around;">Стерин Стерид</p>
Терпенові кислоти	
Цукри	 <p style="text-align: center;">фруктоза</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">©Sterka.com</p>
Пектин	

Усі ці речовини наділяють рослину масою цілющих властивостей. Обліпіха має антиоксидантну, адаптогенну, знеболювальну, протизапальну, тонізуючу, протирадіаційну, судинорозширювальну, цукрознижуючу і ранозагоювальну дію.

Слід звернути увагу на те, що всі наведені біологічно активні речовини містять у своєму складі функціонально-активні угруповання (ФАУ), здатні до комплексоутворення з іонами металів і з токсичними речовинами [5—8]. Тобто ці речовини можуть зв'язувати іони Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} та виводити їх з організму людини. У літературі є відомості про дослідження протекторних влас-

тивостей різних харчових продуктів та їх основних компонентів [9—16], однак така інформація про плоти обліпихи відсутня.

Мета дослідження: вивчити протекторні властивості основних компонентів обліпихи щодо іонів Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} .

Матеріали і методи. *Реагенти.* Вихідні $0,1$ моль/дм³ розчини солей $Pb(II)$, $Hg(II)$, $Cd(II)$ готували розчиненням наважок: Cd^0 (ос.ч.) у $1,0$ моль/дм³ H_2SO_4 ; $Pb(NO_3)_2$, $Hg(NO_3)_2 \cdot 0,5 H_2O$ (х.ч) у $0,1$ моль/дм³ HNO_3 [17]. Стандартизацію проводили: комплексометрично (Pb) [18] та меркуриметрично (Hg) [19].

У процесі дослідження використовували 10^{-3} моль/дм³ водні розчини металохромних індикаторів: ксиленолового оранжевого (КО), ч. д. а. (Chemapol) та сульфоназо III (СФАЗ), ч. д. а. (Merk). рН розчинів створювали за допомогою $0,01$ моль/дм³ HNO_3 і уротропіну кристалічного.

10^{-3} моль/дм³ розчини солей металів готували розведенням більш концентрованих розчинів перед проведенням експерименту. Воду очищали, як описано в [20].

Методики експерименту. *Методика визначення зв'язуючої здатності основних компонентів ягід обліпихи щодо іонів токсичних металів.* У склянку місткістю 150 см³ вносили 1 г подрібненого у порцеляновій ступці зразка; додавали 50 см³ теплої (45 — $50^\circ C$) дистильованої води, перемішували скляною паличкою і залишали на 10 хвилин для набухання.

До отриманої суміші додавали 1 см³ $0,1$ моль/дм³ розчину солі досліджуваного токсичного металу, перемішували $0,5$ години на магнітній мішалці, фільтрували крізь складчастий фільтр.

У фільтраті визначали вміст іонів досліджуваних металів за методом градувального графіка. Кількість $Pb(II)$, $Hg(II)$, $Cd(II)$, що сорбувалася подрібненими ягодами обліпихи, визначали як різницю між $m_{Pb, Cd, Hg}$, що була внесена, і $m_{Pb, Cd, Hg}$, що була знайдена у фільтраті.

Методика визначення $Pb(II)$ у фільтраті [21]. У мірну пробірку місткістю 10 см³ вносили 1 см³ фільтрату, 1 см³ 10^{-3} моль/дм³ водного розчину NaF для зв'язування іонів Fe^{3+} , що заважають, 1 см³ $0,01$ моль/дм³ HNO_3 для створення рН 3 , додавали 2 см³ 10^{-3} моль/дм³ водного розчину СФАЗ, доводили загальний об'єм до 10 см³ дистильованою водою і перемішували. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 660$ нм в кюветі з $\ell = 0,1$ см відносно контрольної проби через 5 хв після змішування розчинів.

Методика приготування серії стандартних розчинів $Pb(NO_3)_2$. У сім мірних пробірок місткістю 10 см³ вносили $0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 0,6, 0,7, 1,0$ см³ 10^{-3} моль/дм³ стандартного розчину $Pb(NO_3)_2$, 1 см³ 10^{-3} моль/дм³ водного розчину NaF , 1 см³ $0,01$ моль/дм³ HNO_3 для створення рН 3 в об'ємі 10 см³, додавали 2 см³ 10^{-3} моль/дм³ водного розчину сульфоназо III, доводили загальний об'єм до 10 см³ дистильованою водою і перемішували. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 660$ нм в кюветі з $\ell = 0,1$ см відносно контрольної проби через 5 хв після змішування розчинів.

Паралельно готували контрольну пробу $Pb(NO_3)_2$: в мірну пробірку вносили 1 см³ 10^{-3} моль/дм³ водного розчину NaF , 1 см³ $0,01$ моль/дм³ HNO_3

для створення рН 3 в об'ємі 10 см³, додавали 2 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину сульфоназо III, доводили загальний об'єм до 10 см³ дистильованою водою і перемішували. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 660$ нм в кюветі з $\ell = 0,1$ см відносно води через 5 хв після змішування розчинів.

Методика визначення Cd(II) у фільтраті [22]. У мірну колбу місткістю 25 см³ вносили 1 см³ фільтрату, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF для зв'язування іонів Fe³⁺, що заважають, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до rischi дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хвилин після змішування розчинів.

Методика приготування серії стандартних розчинів Cd(NO₃)₂. У п'ять мірних колб місткістю 25 см³ вносили: 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0 см³ розчину Cd(NO₃)₂, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину ксиленолового оранжевого, доводили до rischi дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хвилин після змішування розчинів.

Паралельно готували *контрольну пробу*: у мірну колбу місткістю 25 см³ вносили: 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до rischi дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно води через 5 хв після змішування розчинів.

Методика визначення Hg (II) у фільтраті [22]. У мірну колбу місткістю 25 см³ вносили 1 см³ фільтрату, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF для зв'язування іонів Fe³⁺, що заважають, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до rischi дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хв після змішування розчинів.

Методика приготування серії стандартних розчинів Hg(NO₃)₂. У п'ять мірних колб місткістю 25 см³ вносили: 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0 см³ розчину Hg(NO₃)₂, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до rischi дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хв після змішування розчинів.

Паралельно готували *контрольну пробу*: у мірну колбу місткістю 25 см^3 вносили $1 \text{ см}^3 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали $1 \text{ см}^3 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ розчину KO, доводили до риски дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см^3 рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580 \text{ нм}$ в кюветі з $\ell = 1 \text{ см}$ відносно води через 5 хв після змішування розчинів.

Апаратура. Спектри світлопоглинання розчинів знімали, користуючись спектрофотометром СФ-46. Світлопоглинання розчинів вимірювали на КФК-3 при оптимальній довжині хвилі ($\lambda_{\text{опт}}$) відносно контрольної проби або води. Кислотність розчинів контролювали іономіром И-160 зі скляним електродом.

Результати і обговорення. Встановлено, що іони Pb (II), Cd (II), Hg (II) утворюють з більшістю речовин, які наведені в табл. 1, практично безбарвні комплексні сполуки [6; 8], що поглинають світло в далекій ультрафіолетовій частині спектра.

Враховуючи вищевикладене, можливий склад комплексів і дані літератури [5—16], можна очікувати, що координація іонів досліджуваних металів буде здійснюватися таким чином:

- за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах тіазольного фрагменту вітаміну В₁;

- за рахунок заміщення гідрогену в гідроксогрупах вітаміну В₄ (холін), стеарину, серотоніну, цукрах та каротиноїдах;

- за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах дубильних речовин (пірокатехін, пірогалол тощо) з утворенням 5-членних циклів;

- за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах та розриву подвійного зв'язку в >C=O-групах окремих каротиноїдів з утворенням 5-членних циклів;

- за атомами кисню внаслідок розриву подвійного зв'язку в 6-ацетоксифрагменті токоферолу — (6-ацетокси-2-метил-2-(4,8,12-триметилтридецил)хроману);

- за рахунок заміщення гідрогену в карбоксильних групах аскорбінової (вітамін С), яблучної, лимонної, фолієвої (вітамін В₉) фосфатидної, терпенових кислот;

- за рахунок заміщення гідрогену в карбоксильних групах або за атомами кисню внаслідок розриву подвійного зв'язку в >C=O-групах окремих каротиноїдів (ліналол, лимонен, гераниол, цитронел тощо);

- за рахунок заміщення гідрогену в карбоксильних та гідроксогрупах пектинових речовин.

У табл. 2 наведені результати визначення зв'язуючої здатності досліджуваних зразків щодо іонів Pb(II), Hg(II), Cd(II).

За здатністю адсорбуватися висушеними подрібненими ягодами обліпихи токсичні метали можна розташувати у такий ряд: Pb > Hg > Cd. Подібна залежність збігається з даними літератури щодо стійкості комплексних сполук досліджуваних металів з O-, N-, S-вмісними органічними комплексоутво-

рюючими органічними реагентами. Це свідчить про достовірність отриманих результатів.

Таблиця 2. Результати визначення зв'язуючої здатності ягід обліпихи щодо іонів Pb (II), Hg (II), Cd (II)

Досліджуваний зразок	Сорбувалось іонів металу, %		
	Pb (II)	Cd (II)	Hg (II)
1. Подрібнені висушені ягоди	98,93	80,55	95,43
2. Подрібнені свіжі ягоди	38,41	1,78	55,11
3. Пюре, отримане бланшуванням парою	38,40	1,75	57,61

За здатністю адсорбуватися свіжими подрібненими ягодами обліпихи та пюре, отримане бланшуванням парою метали можна розташувати у такий ряд: Hg > Pb > Cd.

Видно, що свіжі ягоди обліпихи виявили найкращі протекторні властивості щодо меркурію. Тобто внесення досліджуваного зразка до складу нових соусів повинно надати їм певних протекторних властивостей перш за все щодо меркурію та плюмбуму і менших — щодо кадмію. Аналогічна залежність спостерігається і для пюре, отриманого бланшуванням парою.

Значно більша зв'язувальна здатність подрібнених висушених зразків обліпихи порівняно з пюре та свіжими ягодами можна пояснити різною консистенцією зразків. Зразок № 1 має значно меншу в'язкість ніж зразки № 2 і 3. Він значно швидше фільтрується, тож можна припустити, що доступність функціонально-аналітичних угруповань основних компонентів зразка № 1, як центрів зв'язування токсичних металів за рахунок комплексоутворення, значно краща, ніж у зразків № 2 і 3.

Отримана інформація була використана при розробці нових соусів з протекторними властивостями до іонів токсичних металів.

Висновки

Вперше досліджені протекторні властивості ягід обліпихи щодо іонів таких токсичних металів, як Pb (II), Hg (II), Cd (II). Отримані кількісні характеристики зв'язувальної здатності досліджених зразків. Дані використані для створення нових соусів з підвищеними протекторними властивостями щодо іонів Pb (II), Hg (II), Cd (II).

Література

1. Обліпиха: лікувальні властивості, застосування, рецепти. URL: <https://healthday.in.ua/travi/oblipikha>.
2. Вульф Е. В., Малеева О. Ф. Мировые ресурсы полезных растений: пищевые, кормовые, лекарственные и др. / отв. ред. Ф.Х. Бахтеев; БИН АН СССР: монографія. Ленинград: Наука, 1969. 566 с.
3. Турова А. Д., Сапожникова Э. Н. Лекарственные растения СССР и их применение: монографія. Москва: Медицина, 1984. 304 с.
4. Андреева И.И., Родман Л.С. Ботаника: монографія. Москва: Колос, 2005. 528 с.
5. Пилипенко А. Т. Органічні реактиви в неорганічному аналізі: монографія. Киев: Вища школа, 1972. 255 с.

6. Яцимирский К.Б. Биологический аспекты координационной химии: монография. Киев: Наукова думка, 1979. 263 с.
7. Эйхгорн Г. Неорганическая биохимия: монография. Москва: Мир, 1978. 736 с.
8. Мак Олифф К. Методы и достижения бионеорганической химии: монография. Москва: Мир, 1978. 390 с.
9. Костенко Є.Є., Бутенко О.М. Вивчення комплексоутворення Pb (II), Cd (II), Hg (II) з амінокислотами для прогнозування протекторних властивостей харчових продуктів. Наукові праці НУХТ. Київ, 2012. № 44. С. 85—91.
10. Костенко Є. Є., Стахмич Т. В., Бутенко О. М. Протекторні властивості харчових продуктів, які не містять пектину, щодо П्लомбуму (II): матеріали Сесії наук. ради НАН України з пробл. «Аналітична хімія», м. Гурзуф, 16-19 трав. 2011 р. Київ: РВЦ КНУ, 2011. С. 54.
11. Костенко Є. Є., Тасенко М. А., Ромоданова В. О. Вивчення здатності деяких основних компонентів молока та сумішей на його основі зв'язувати іони плюмбуму. Наук. праці УДУХТ. Київ, 2001. № 10. С. 46—47.
12. Спосіб визначення комплексоутворювальної здатності основних компонентів молока та сумішей на його основі: пат. № 41841 А. Україна. МПК 7 G01N33/04. заявл. № 2001053132; заявлено 07.05.01; опубл. 17.09.2001, Бюл. № 8. 4 с.
13. Костенко Є. Є., Ковбаса В. М., Терлецька В. А., Біла Г. М., Зінченко І. М., Боднар А. В. Дослідження комплексоутворення плюмбуму (II) з валіном. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. Київ, 2010. № 33. С. 30—32.
14. Костенко Є. Є., Ковбаса В. М., Терлецька В. А., Біла Г. М., Зінченко І. М., Боднар А. В. Дослідження комплексоутворення плюмбуму (II) з метіоніном. *Харчова і переробна промисловість*. Київ, 2010. № 2(366). С. 26—28.
15. Костенко Є. Є., Ковбаса В. М., Терлецька В. А., Зінченко І. М., Боднар А. В. Дослідження комплексоутворення плюмбуму (II) з лейцином. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. Київ, 2009. № 29. С. 6—8.
16. Коростелев П. П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ: монография. Москва: Химия, 1967. 304 с.
17. Полянский Н. Г. Аналитическая химия элементов. Свинец: монография. Москва: Наука, 1986. 352 с.
18. Гладышев В. П., Левицкая С. А., Филиппова Л. М. Аналитическая химия ртути: монография. Москва: Наука, 1974. 224 с.
19. Методы анализа чистых химических реактивов / ред. П. П. Коростелев. Москва: Химия, 1984. 280 с.
20. Костенко Е. Е., Христиансен М. Г., Бутенко Е. Н. Фотометрическое определение микроколичеств свинца в питьевой воде с помощью сульфоназо III. Химия и технология воды. Киев, 2002. № 6. С. 324—328.
21. Марченко З. Фотометрическое определение элементов: монография. Москва: Мир, 1971. 501 с.

RESEARCH OF INFLUENCE OF ARTICHOKE FLOUR ON THE SUGARS CONTENT IN SCALDED RYE BREAD

G. Voloshchuk, A. Yarkoviy, B. Polutskaya

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

N. Pashova, N. Gregirchak

National University of Food Technologies

Key words:

Sugar

Rye

Bread

Topinambur

Brewing

Sourdough

Fermentation processes

Article history:

Received 21.05.2019

Received in revised form
06.06.2019

Accepted 24.06.2019

Corresponding author:

G. Voloshchuk

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The influence of artichoke flour on the sugar content in scalded rye bread made on sourdough was researched. The mechanisms of the influence of artichoke flour on the biochemical and microbiological processes occurring during the preparation of the dough are revealed.

The optimal dosage of prescription components for obtaining bread with minimum sugar content in bread was determined with the method of experimental-statistical modeling at such dosages (to the mass of flour): artichoke flour — 3.3%; flour in brew — 5.0%; flour in sourdough — 10% or 20%. Quasi-one-factor analysis has established the patterns of the influence of the individual factor on the mass fraction of sugar in bread. It is confirmed that increasing the content of sugar in bread is influenced by the dosage of the brew and artichoke flour.

It was defined that the artichoke flour inhibits the growth of microorganisms during the process of fermentation of the dough, the amount of yeast that is part of the sourdough (*Saccharomyces cerevisiae* L1, *S. minor* “Chernorechenskaya”) by 40, 54 and 80% respectively in samples with addition of 2, 3 and 4% of artichoke flour in comparison with the control sample. The number of culture lactic acid bacteria with an increase of the dosage of artichoke flour decreases by 70, 83 and 97%. Artichoke flour also suppresses the microflora of spontaneous fermentation.

The composition of sugars in raw materials, semi-finished products and bread is determined by the method of high-resolution liquid chromatography. It has been found that bread with artichoke flour has higher sugar content due to twice amount of fructose and glucose compared to the control sample. The ratio of fructose to glucose in bread under the influence of artichoke flour is 1: 2.35; for control sample 1: 1.95. The total content of disaccharides in bread with artichoke flour and control sample is slightly different. It is assumed that an increase of sugar in the mass fraction in the rye bread with artichoke flour is primarily due to the lower fermentation activity of microorganisms in the dough.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-29

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОРОШКУ ТОПІНАМБУРА НА ВМІСТ ЦУКРІВ У ХЛІБІ ЖИТНЬОМУ ЗАВАРНОМУ

Г. І. Волощук, А. О. Ярковий, Б. М. Полуцька

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

Н. В. Пашова, Н. М. Грегірчак

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив порошку топінамбура (ПТ) на вміст цукрів у хлібі житньому, приготовленому на заварці та заквасці. Розкрито механізми впливу порошку топінамбура на біохімічні та мікробіологічні процеси, перебіг яких відбувається під час приготування тіста.

Методом експериментально-статистичного моделювання визначено оптимальні дозування рецептурних компонентів для отримання хліба з мінімальним вмістом цукру в хлібі при таких дозуваннях (до маси борошна): ПТ — 3,3%; борошна в заварці — 5,0%; борошна в заквасці — 10% або 20%. Квазі-однофакторним аналізом встановлено закономірності впливу окремого фактора на масову частку цукру в хлібі. Підтверджено, що на збільшення вмісту цукру в хлібі впливають дозування заварки і ПТ. Середні кількості закваски забезпечують оптимальний рН дії цукроутворювальних ферментів борошна.

*Встановлено, що порошок топінамбура пригнічує приріст мікроорганізмів в процесі бродіння тіста, кількість дріжджів, які входять до складу закваски (*Saccharomyces cerevisiae* Л1, *S. minor* «чорноріченська») на 40, 54 та 80% відповідно в зразках з додаванням 2, 3 та 4% ПТ порівняно з контрольним зразком. Кількість молочнокислих бактерій зі збільшенням дозування ПТ зменшується на 70, 83 та 97% відповідно. Також ПТ пригнічує мікрофлору спонтанного бродіння.*

Методом рідинної хроматографії високороздільної здатності визначено склад цукрів у сировині, напівфабрикатах та хлібі. Встановлено, що хліб з ПТ має вищий вміст цукру за рахунок вдвічі більшої сумарної кількості фруктози та глюкози ніж контрольний зразок. Співвідношення фруктози до глюкози в хлібі під дією ПТ складає 1:2,35; для контрольного зразка — 1:1,95. Загальний вміст дисахаридів у хлібі з ПТ та контрольному зразку відрізняється незначно. Зроблено припущення, що збільшення масової частки цукру в хлібі житньому заварному з порошком топінамбура насамперед зумовлене зниженою бродильною активністю мікроорганізмів.

Ключові слова: цукор, жито, хліб, топінамбур, заварка, закваска, бродіння.

Постановка проблеми. Формула збалансованого харчування дорослої людини передбачає добову норму споживання з їжею цукру 50...90 г [1; 2]. Масову частку цукру в хлібних виробих контролюють лише для продукції, що містить цукровмісну сировину: цукор білий, патоку, повидло, згущене

молоко з цукром, мед. Але при цьому не враховують вміст власних цукрів борошна, солоду, а також вплив перебігу амілолітичних процесів під час приготування тіста, що забезпечують утворення глюкози, мальтози, декстринів із солодкістю на 30...75% меншою, але на 20...45% вищим глікемічним індексом ніж сахароза. Тому для безпечного вживання хліба людям з порушенням вуглеводно-ліпідного обміну рекомендовано вводити до рецептури додаткову сировину з функціональними властивостями, направленними на зниження інтенсивності накопичення глюкози в крові людини [3; 4]. Найпоширенішою сировиною вітчизняного виробництва є порошок топінамбура (ПТ). Але додавання ПТ призводить до специфічного трав'яного смаку та запаху, потемніння м'якушки, що нівелюється органолептичними характеристиками житніх заварних хлібів, які вирізняються яскраво вираженим кисло-солодким смаком та ароматом, темним кольором. Проте вплив ПТ на механізми накопичення цукру в хлібі не досліджувався.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною сировиною для виробництва житнього заварного хліба, крім житнього борошна, є ферментований чи неферментований солод (переважно житній), та/або вуглеводна сировина (солодовий концентрат, патока, вторинні продукти цукрового виробництва). Хімічною складовою цієї сировини є цукри з високим глікемічним індексом. Використання заварки також додає масову частку (м. ч.) цукру виробам та покращує умови для процесів амілолізу крохмальних полісахаридів борошна. Тому в 100 г хліба житнього міститься понад 30% крохмалю глікемічного типу і не менше 7,0% цукрів [5]. Наприклад, м.ч. цукру в хлібі Ризькому може досягати 25% сухих речовин (СР) [6], при тому, що в рецептуру входить сіяне борошно, 5% неферментованого солоду та 5% патоки. Вміст у житньому борошні некрохмальних полісахаридів (водорозчинних і водонерозчинних поліфруктозидів — ксиланів, що мають псевдопребіотичну дію) вважається недостатнім [7; 8]. Тому люди, у яких порушений вуглеводний обмін, намагаються уникати в раціоні харчування заварного хліба.

Для нормування засвоювання глюкози в крові у разі споживання хлібобулочних виробів вчені рекомендують збагачувати їх інуліновмісною сировиною. Вміст інуліну (фруктанів) в ПТ залежить від сорту, умов вирощування, збирання та зберігання бульб, технології висушування і може складати від 10 до 60% (від маси сухих речовин), середньою молекулярною масою (ступенем полімеризації) до 40 пентозно-гексозних одиниць [8], а масова частка цукрів, представлених глюкозою, фруктозою, дисахаридами, відповідно, 20...50%. Добова потреба в інуліні визначена: 2...4 г на добу, а для людей, хворих на цукровий діабет, обмежень не виявлено, є рекомендації вживати до 12 г [9]. У [7] встановлено, що на втрати інуліну під час виробництва житньо-пшеничних заварних сортів хліба впливає його ступінь полімеризації. Чим більше одиниць лінійності ланцюга має інулін, тим менший ступінь втрати полімерів у процесі виготовлення хліба та менше утворюється ароматичних речовин.

Доведено, що порівняно з використанням чистого інуліну, ПТ має більшу функціональність через додатковий вміст пектинових, мінеральних речовин [3]. Порошок топінамбура містить практично всі необхідні для стимуляції житте-

діяльності бродильної мікрофлори речовини: амінокислоти, вітаміни, мінеральні речовини, білкові та органічні кислоти (переважно аскорбінову). Встановлено, що сировина із топінамбура (порошок, пюре, концентрат) забезпечує інтенсифікацію життєдіяльності бродильної мікрофлори у пшеничному тісті: інтенсивніше накопичуються продукти бродіння, знижується рН тіста та прискорюється процес дозрівання тіста. Але при дозуванні вище 3% ПТ спостерігалось різке пригнічення цих процесів, тому запропоновано [3] здійснювати попереднє гідролітичне розщеплення інуліну, яке небажане при розробці виробів профілактичного призначення. Встановлено, що при додаванні ПТ зростає загальна кількість цукру в пшеничному хлібі, та зроблено припущення, що приріст здійснюється за рахунок фруктози, продуктів розкладу полісахаридів топінамбура.

На відміну від пшеничного борошна, житнє борошно має високу автолітичну активність і містить до 5,0% моно- і дисахаридів, більшість з яких є сахарозою. Тісто з житнього борошна замішується на заквасках з високою активністю строго підібраної композиції штамів молочнокислих бактерій (МКБ) і кислототолерантних дріжджів. Збільшення кислотності тіста і хліба, більше поживних речовин і знижений вміст дріжджів впливає на біохімічні та мікробіологічні процеси під час виробництва хліба й визначає остаточний вміст цукру.

Мета статті: дослідити вплив ПТ на зміни кількості цукрів у хлібі житньому заварному; визначити оптимальні кількості заварки та закваски за вмістом в них борошна для одержання хліба з мінімальною масовою часткою цукру та механізм впливу ПТ на перебіг біохімічних і мікробіологічних процесів у житньому тісті.

Матеріали і методи. При проведенні виробничих і лабораторних досліджень для виготовлення дослідних зразків хліба використовували борошно житнє обдирне з показниками числа падіння 190 с, автолітичної активності — 43,0%. Основну та додаткову сировину, що відповідала вимогам чинної нормативної документації: солод житній ферментований; сіль кухонну харчову; воду питну; порошок топінамбуру торговельної марки «Дар» із загальним вмістом фруктанів 44%, середньою молекулярною масою 15 одиниць лійності ланцюга, титрованою кислотністю 20,0 град.

Тісто готували трифазним способом на заварці: рідка закваска — оцукрена заварка — тісто. Готову рідку житню закваску (складу: *Lactobacillus plantarum* 30, *L. casei* 26, *L. fermenti* 34, *L. brevis* та *Candida milleri* (*Saccharomyces minor*) «чорноріченська», *S. cerevisiae* П1) використовували з кислотністю 10,0±1,0 град. Заварку, приготовлену із житнього борошна та 5,0% солоду житнього ферментованого до загальної кількості борошна, оцукрювали протягом трьох годин.

ПТ вносили в тісто на стадії замісу як цукровмісну сировину у кількості 2,0%, 4,0% та 6% від маси борошна, що забезпечувало відповідно 30%, 60%, 100% добової потреби в інуліні при встановленій добовій нормі споживання хлібних виробів — 277 г. Тісто замішували на двошвидкісній машині з однаковою вологістю — 50%. Процес бродіння тіста відбувався при

температурі $29 \pm 1^\circ\text{C}$ протягом 60 ± 10 хв до кінцевої кислотності $7,0 \pm 0,5$ град. Готове тісто ділили вручну на шматки масою 550 г. Тістові заготовки вкладали у змащені форми і направляли на вистоювання при температурі $35 \pm 5^\circ\text{C}$ та відносній вологості повітря $75 \pm 10\%$ на 60 ± 10 хв. Випікали хліб у зволоженої пекарській камері печі при однакових температурних режимах протягом 45 ± 3 хв. Охолоджували хліб в умовах пекарні.

Якість сировини, напівфабрикатів і готових виробів контролювали згідно із загальноприйнятими методиками, м. ч. цукру в хлібі визначали йодометричним методом [10]. Хімічний склад цукрів у сировині, напівфабрикатах та в хлібі визначали методом рідинної хроматографії високороздільної здатності [11]. Інтенсивність газотворення тіста визначали на приладі АГ-1. Для визначення кількості дріжджів використовували середовище сусло-агар, для МКБ — середовище MRS. Співвідношення дріжджів та МКБ в заквасці та тісті перевіряли з використанням камери Горяєва.

Для встановлення впливу дозування ПТ, кількості заварки та кількості закваски (за вмістом у них борошна) на масову частку цукру в хлібі використано підходи експериментально-статистичного моделювання та метод Бокса-Уїлсона [12]. Багатофакторний експеримент ставили за D-оптимальним планом, який включав приготування 15 зразків хліба зі змінними керуючими факторами: кількість ПТ $G_{\text{ПТ}}$ (X1), $G_{\text{б.зав}}$ кількість борошна в заварці $G_{\text{б.зав}}$ (X2), кількість борошна в заквасці $G_{\text{б.закв}}$ (X3). Для обґрунтування оптимальних режимів вибору технології вивчали сумісний вплив $G_{\text{ПТ}}$ (X1) від 2,0% (–1) до 6,0% (+1). Згідно з технологічними рекомендаціями щодо виробництва заварного хліба з житнього борошна [13], $G_{\text{б.зав}}$ (X2) було вибрано — від 5% (–1) до 15% (+1) та $G_{\text{б.закв}}$ (X3) — від 10% (–1) до 20% (+1). Опрацювання експериментальних даних здійснювали методом кореляційно-регресійного аналізу, що дало змогу отримати рівняння регресії другого ступеня. Оптимальні дозування рецептурних компонентів для хліба з мінімальними показниками масової частки цукру виконано методом «крутого сходження». Математичні залежності впливу кількості ПТ, борошна в заварці та кількості борошна в заквасці на масову частку цукру в хлібі одержані при стабілізації двох змінних в оптимальних значеннях (квазіоднофакторним аналізом).

Викладення основних результатів дослідження. Характер динаміки впливу сировини та напівфабрикатів на біохімічні й мікробіологічні процеси під час приготування хліба визначається початковим вмістом в них цукрів.

Як видно з табл. 1, кількість і склад цукрів, що містяться в сировині: борошні житньому обдирному, солоді житньому ферментованому, ПТ та в основних напівфабрикатах (заварці та заквасці) корелюється з довідниковими даними. Борошно житнє обдирне містить у десять раз більше дисахаридів (сахарози), ніж глюкози і фруктози. Цукри солоду житнього ферментованого на 85% представлені продуктами амілолітичного розкладу крохмалю — мальтозою та глюкозою; кількість фруктози, утвореної в результаті біопроесів з сахарози та некрохмальних полісахаридів зерна жита, сягає 3,5% від м. ч. СР.

ПТ містить майже 29% цукрів до маси сухих речовин. Цукри ПТ представлено в основному дисахаридами (13,1%), глюкозою (11,8%) і лише 4,1% припадає на фруктозу.

Загальна кількість м. ч. цукрів у заварці, в результаті дії амілолітичних ферментів борошна протягом трьох годин, зроста майже вдвічі за рахунок продуктів гідролізу крохмалю (очевидно, мальтози). Кількість цукрів у виброжденій заквасці в результаті мікробіологічних процесів зменшилася до 0,5%.

Таблиця 1. Вміст цукрів у сировині і напівфабрикатах для виробництва заварного хліба з житнього обдирного борошна, % до маси СР

Об'єкт дослідження	М. ч. СР, %	Фруктоза	Глюкоза	Сахароза і мальтоза	Разом
Борошно житнє обдирне	86,00	0,20	0,26	2,73	3,19
Солод житній ферментований	90,05	3,52	10,27	11,40	25,19
Порошок топінамбура	92,11	4,06	11,82	13,11	28,99
Заварка до оцукрення	36,13	0,75	2,12	2,83	5,7
Оцукрена заварка	36,11	0,73	2,50	6,00	9,23
Рідка закваска	28,06	0,27	0,22	—	0,49

У результаті експериментально-статистичного моделювання впливу дозування ПТ (X_1), кількості борошна в заварці (X_2) та кількості борошна в заквасці (X_3) на вміст цукру в хлібі житньому заварному (Y) отримали залежність впливу у вигляді поліному другого ступеня (1):

$$Y = 9,43 + 1,73 \cdot X_1 + 2,52 \cdot X_2 - 0,08 \cdot X_3 + 0,08 X_1 \cdot X_2 + 0,45 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,40 \cdot X_2 \cdot X_3 + 1,69 \cdot X_1^2 + 1,18 \cdot X_2^2 - 1,39 \cdot X_3^2, \text{ мас. частка цукру, \%СР.} \quad (1)$$

Методом програми «крутого сходження» встановлено оптимальні дозування рецептурних компонентів для отримання хліба з мінімальною кількістю м.ч. цукру в хлібі — 6,12% СР за таких показників: $G_{\text{ПТ}} X_1 = -0,36$ (3,3% ПТ до маси борошна); $G_{\text{б.зав}} X_2 = -1,0$ (5,0% борошна в заварці); $G_{\text{б.закв}} X_3 = \pm 1,0$ (10,0% або 20% борошна в заквасці). Для отримання хліба з мінімальною м.ч. цукру та з максимальним об'ємним виходом, $G_{\text{б.закв}}$ було обрано максимальне значення $G_{\text{б.закв}}$: $X_3 = +1,0$ (20% борошна в заквасці).

За умови стабілізації двох факторів на оптимальних рівнях отримали рівняння номограм залежності впливу окремо кожного фактора на м. ч. цукру в хлібі (2, 3, 4), графічну інтерпретацію яких наведено на рис. 1.

$$Y(X_1) = 1,2 X_1 + 1,69 X_1^2 + 6,37 \quad (X_2 = -1; X_3 = +1) \quad (2)$$

$$Y(X_2) = 2,9 X_2 + 1,18 X_2^2 + 7,87 \quad (X_1 = -0,36; X_3 = +1) \quad (3)$$

$$Y(X_3) = 0,17 X_3 + 1,4 X_3^2 + 7,72 \quad (X_1 = -0,36; X_2 = -1) \quad (4)$$

Як свідчать криві стабілізаційних функцій впливу та аналіз коефіцієнтів рівнянь 1, 2, 3, на збільшення м.ч. цукру в хлібі більше впливають дозування цукровмісної сировини — ПТ і заварки. Проте збільшення дозування ПТ ($Y(X_1)$) до 3% зумовлює тенденцію зниження м. ч. цукру в хлібі. Причиною такого впливу може бути збільшена інтенсивність перебігу мікробіологічних процесів при менших дозуваннях ПТ як джерела поживних речовин для життєдіяльності мікроорганізмів [3]. Дозування понад 3% призводить до значного приросту м. ч. цукру в хлібі.

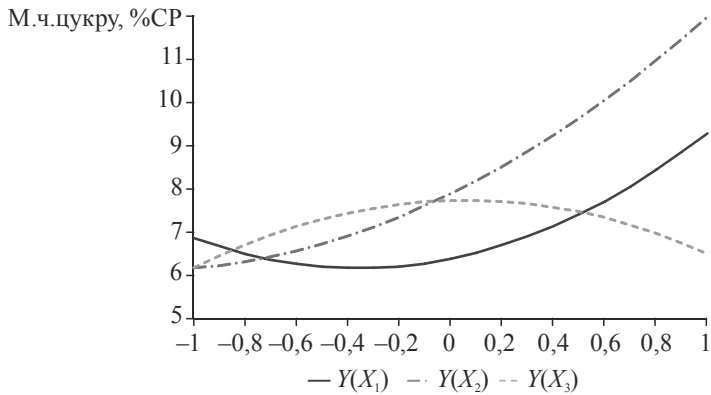


Рис. 1. Квазіоднофакторний аналіз впливу дозування $G_{ПТ}$ ($Y(X_1)$), $G_{б.зав}$ ($Y(X_2)$) та $G_{б.закв}$ ($Y(X_3)$) на м. ч. цукру в хлібі. По осі абсцис: $G_{ПТ}$, $G_{б.зав}$, $G_{б.закв}$ у кодованому вигляді

Збільшення дозування заварки в тісто призводить майже до лінійного зростання м. ч. цукру в хлібі $Y(X_2)$.

Дозування закваски до нульового рівня (15% борошна в заквасці) сприяє збільшенню м. ч. цукру, а подальше збільшення кількості закваски спричиняє зниження функції вмісту цукру $Y(X_3)$. Вплив кількості закваски, очевидно, пов'язаний із забезпеченням оптимальної кислотності для дії цукроутворювального ферменту — β -амілази (рН 4,8) [14].

Дослідження впливу обраних дозувань ПТ (від 2 до 6% від маси борошна) на органолептичні та фізико-хімічні показники якості хліба житнього заварного, виготовленого за визначеними оптимальними дозуваннями борошна в заварці та в заквасці показало, що додавання ПТ призводить до збільшення питомого об'єму хліба, пористості, впливає на зростання кислотності та м. ч. цукру хліба (табл. 2). При дозуванні 3% ПТ — якість хліба залишається на рівні контрольного зразка. Але при дозуванні ПТ понад 4% і більше — хліб набуває темного забарвлення, стороннього трав'яного присмаку топінамбура, м'якушка грудкується під час розжовування та має підвищений вміст цукру.

Таблиця 3. Вплив ПТ на якість хліба з оптимальним дозуванням борошна з заваркою і з закваскою

Показники якості	Контроль	Дозування ПТ, % до маси борошна			
		2%	3%	4%	6%
1	2	3	4	5	6
Форма	Відповідає формі, в якій проводили випікання, без бокових впливів				
Поверхня	Шорсткувата, без великих тріщин і підривів				
Колір	Від коричневого до темно-коричневого			Темно-коричневий	
Смак	Властивий цьому виду виробів, без стороннього присмаку			Є незначний трав'яний присмак топінамбура	
Грудкуватість під час розжовування	Відсутня			Незначна	

1	2	3	4	5	6
Пористість	Пори дрібні та середні, товстостінні, розподілені рівномірно		Пори різної величини, середньої товщини, розподілені рівномірно		
Питомий об'єм, см ³ /г	1,54	1,58	1,58	1,59	1,60
Пористість, %	52,0	56,0	56,0	57,0	58,0
Кислотність, град.	6,0	6,5	6,6	6,8	7,0
М.ч цукру, % СР	6,0	6,8	6,4	8,2	10,4

При дозуванні ПТ до 3% збільшення м. ч. цукрів було незначним, показник змінився менш ніж на 1%, а дозування 4% ПТ і вище — сприяло різкому збільшенню м. ч. цукрів у готовій продукції.

Для встановлення механізму дії ПТ на приріст цукрів у хлібі вивчали вплив ПТ на біохімічні та мікробіологічні процеси бродіння тіста. Як свідчать залежності впливу ПТ на інтенсивність газоутворювальної здатності (ГУЗ) в тісті під час бродіння (рис. 2), внесення меншої кількості ПТ (2%) призводило до більш інтенсивного газоутворення в першу годину бродіння тіста. Тісто з 4% ПТ протягом першої години бродіння мало меншу ГУЗ, ніж контрольний зразок, що могло спричинити меншу кількість зброджених цукрів та вищу м.ч. цукру в хлібі.

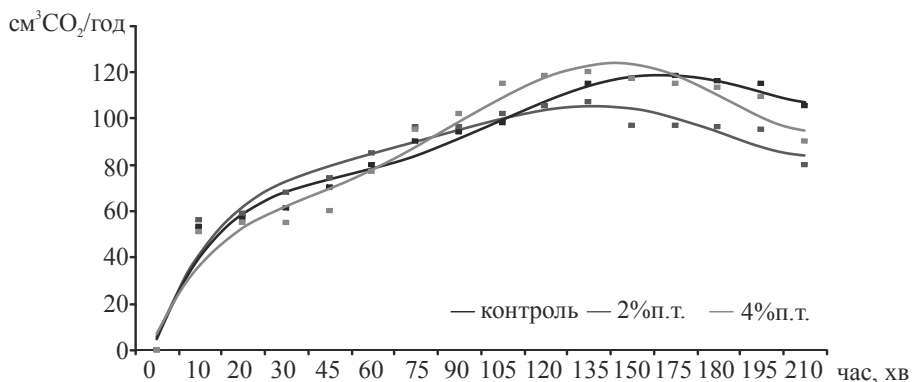


Рис. 2. Вплив ПТ на ГУЗ житнього тіста з 100 г борошна, приготовленого на заквасці і заварці

Мікробіологічними дослідженнями встановлено, що в заквасці та зразках тіста співвідношення дріжджів і молочнокислих бактерій (за камерою Горяєва) було приблизно на одному рівні: 1:9...1:6 (табл. 3, 4). Зменшення концентрації мікроорганізмів у досліджуваних зразках тіста порівняно із закваскою пояснюється збільшенням вмісту додаткової сировини. При цьому співвідношення дріжджів і молочнокислих бактерій під дією ПТ знижується.

Додавання ПТ призводить на кінець бродіння тіста до зменшення кількості дріжджів, які входять до складу закваски (*Saccharomyces cerevisiae* Л1, *S. milleri* «чорноріченська») на 40, 54 та 80% відповідно в зразках з додаванням 2, 3 та 4% ПТ порівняно з контрольним зразком. Кількість культуральних молочнокислих бактерій зі збільшенням дозування ПТ зменшується на

70, 83 та 97% відповідно. Також ПТ пригнічує мікрофлору спонтанного бродіння — диких дріжджів, гнильних бактерій, лейконостоку (табл. 4).

Кінцева кислотність тіста з ПТ збільшується, зокрема кислотність тіста без ПТ (контроль) з додаванням 2, 3, 4% ПТ збільшується з 6,4 до 7,0; 7,2 та 7,4 град. відповідно, очевидно за рахунок органічних кислот ПТ.

Таблиця 3. Співвідношення дріжджів і молочнокислих бактерій (за камерою Горяєва)

Зразок	Співвідношення дріжджі:МКБ
Закваска	1:9
Тісто (контроль)	1:7
Тісто з ПТ 3%	1:6

Таблиця 4. Вплив ПТ на мікрофлору тіста, КУО/г

Зразок	Дріжджі	Молочно-кислі бактерії	Дикі дріжджі	Лейконосток	Гнильні бактерії
Заварка	—	$0,02 \cdot 10^7$	—	—	$< 1 \cdot 10^3$
Закваска	$5,5 \cdot 10^6$	$9,5 \cdot 10^7$	$0,1 \cdot 10^4$	—	—
Тісто (контроль)	$2,5 \cdot 10^6$	$7,8 \cdot 10^7$	$2,1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$
Тісто з топінамбуром	2%	$1,5 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^7$	$0,5 \cdot 10^4$	$< 1 \cdot 10^3$
	3%	$0,9 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^7$	$0,16 \cdot 10^4$	$< 1 \cdot 10^3$
	4%	$0,5 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^7$	$0,1 \cdot 10^4$	$< 1 \cdot 10^3$

— Мікроорганізмів не виявлено.

Отже, антимікробна дія ПТ, спрямована на пригнічення мікроорганізмів закваски та сировини, забезпечує збільшення кількості незброджених цукрів, масова частка яких збільшилась від 6,0% в контрольному зразку до 6,8, 6,5, 8,2 та 10,4% в зразках, відповідно, з 2, 3, 4 та 6% ПТ.

Спільний вплив ПТ і процесів, перебіг яких відбувається під час приготування тіста, вистоювання і випікання хліба на зміну хімічного складу цукрів у процесі виробництва хліба без додаткової сировини (К) і з додаванням ПТ в кількості 4% наведено у табл. 5.

Таблиця 5. Вплив ПТ на м. ч. цукру в напівфабрикатах і заварному хлібі з житнього обдирного борошна, % до маси СР

Об'єкт дослідження	Фруктоза		Глюкоза		Сахароза та мальтоза		Разом		% до вмісту в попередній фазі	
	К	ПТ	К	ПТ	К	ПТ	К	ПТ	К	ПТ
Тісто після замісу	0,33	0,42	0,49	0,80	1,95	2,23	2,77	3,55	—	—
Тісто після бродіння	1,17	2,28	1,26	1,88	2,47	2,48	4,90	6,64	+77	+87
Тісто після вистоювання	1,25	2,64	1,15	1,94	2,30	2,35	4,70	6,93	—4	+4
Хліб	1,33	2,60	0,82	1,94	4,04	4,32	6,19	8,86	+32	+28

М. ч. цукру в тісті на кінець фази бродіння зростає для контрольного зразка і для тіста з ПТ, відповідно, на 77 і 87%. Істотне збільшення кількості моно- і дисахаридів під час бродіння тіста дає змогу стверджувати, що ПТ не пригнічує дію цукроутворювальних ферментів житнього борошна та забез-

печує перевагу біохімічних процесів амілолізу над процесами бродіння. Під час вистоювання, що відбувається в оптимальних температурних режимах газоутворення, для контрольного зразка переважають процеси бродіння, відбувається зниження м. ч. цукру на 4% за рахунок зниження м. ч. глюкози та мальтози. Для зразка з ПТ динаміка м. ч. цукру залишається позитивною, очевидно через антимікробну дію топінамбура. м. ч. дисахаридів у процесі випікання збільшилася для двох зразків приблизно на 30%. Під час випікання зменшується вміст моносахаридів, особливо м. ч. глюкози для контрольного зразка та м. ч. фруктози для виробу з ПТ. Внаслідок реакцій меланоїдиноутворення та часткової карамелізації цукрів у виробках з ПТ, що мали темніший колір, приріст загальної кількості цукрів під час випікання був на 5% нижчий, ніж у контрольному зразку.

Хліб з ПТ має вищу м. ч. цукру за рахунок вдвічі більшої кількості фруктози та глюкози. Сумарна м. ч. фруктози і глюкози в хлібі з ПТ на 2,3% вища, ніж у контрольному зразку і складає 4,5%. Вміст дисахаридів у контрольному зразку та в хлібі з ПТ відрізняється незначно. Співвідношення фруктози до глюкози в хлібі під дією ПТ через пригнічення бродильної мікрофлори збільшується і складає 1:2,35 при 1:1,95 для контрольного зразка.

Результати дослідження вказують на те, що ПТ не знижує глікемічність хліба житнього заварного, виготовленого згідно з оптимальними технологічними режимами замісу та бродіння тіста, а приріст цукрів спричинено насамперед накопиченням продуктів гідролізу крохмальних полісахаридів, що не були збродженими.

Висновки

1. За результатами досліджень математичних моделей впливу дозування ПТ та кількості заварки і закваски на якість хліба зі зниженою м. ч. цукру можна рекомендувати дозування ПТ у кількості 3,0%, борошна в заварку — 5,0%, борошна в закваску — 20%.

2. Дозування ПТ до 3% сприяє поліпшенню газоутворювальної здатності тіста та зниженню масовою частки цукру в хлібі, що пояснюється інтенсивною асиміляцією цукрів дріжджами при нижчих дозуваннях ПТ. Внесення порошку топінамбура більше 3% має тенденцію до різкого зниження газоутворювальної здатності та зростання масової частки цукру в тісті і в хлібі.

3. Встановлено, що з додаванням 2, 3 та 4% ПТ знижується приріст дріжджів та молочно-кислих бактерій закваски після години бродіння тіста на 40, 54 та 80% та 70, 83 та 97% відповідно, пригнічується мікрофлора спонтанного бродіння.

4. Внесення ПТ практично не впливає на дію цукроутворювальних ферментів борошна, накопичення в тісті та хлібі дисахаридів — сахарози і мальтози. Хліб з ПТ має вищу м. ч. цукру за рахунок вдвічі більшої кількості фруктози та глюкози. Сумарна м. ч. фруктози і глюкози в хлібі з ПТ на 2,3% вища ніж в контрольному зразку Співвідношення фруктози до глюкози в хлібі під дією ПТ через пригнічення бродильної мікрофлори збільшується і складає 1:2,35 при 1:1,95 для контрольного зразка. Отже, збільшення масової

частки цукру в хлібі житньому заварному з порошком топінамбура насамперед відбувається за рахунок зниженої бродильної активності мікроорганізмів.

Для зменшення м. ч. цукру в хлібі з підвищеним вмістом ПТ надалі доцільно дослідити додаткове використання пресованих осмочутливих дріжджів.

Література

1. Закон України № 2639/2019 Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів URL: <https://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/2639-19>.
2. Mitka M. ANA : Added sugar not to sweet [Text]. *JAMA*, 2009. № 302. P. 1741—1742.
3. Доценко В. Ф. Наукове обґрунтування і розробка технології хліба з використанням нової вуглеводовмісної сировини та цукрозамінників: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.01. Київ, 1994. 49 с.
4. Шевченко А. О. Удосконалення діабетичних хлібобулочних виробів, збагачених функціональними інгредієнтами : автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.18.01. Харків, 2018. 20 с.
5. Пашова Н. В., Волощук Г. І., Онищук Н. І., Федонюк А. В. Вплив технологічних параметрів приготування заварного хліба із житнього борошна на масову частку цукру в хлібі. *Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві та Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі* : матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. Київ : НУХТ, 2018. С. 36—37
6. Производство заварных сортов хлеба с использованием ржаной муки. / [Л. И. Кузнецова, Н. Д. Синявская, О. В. Афанасьева, Е. Г. Фленова ; за ред. Л. И. Кузнецовой]. СПб филиал ГосНИИХП : ООО «Береста», 2003. 203 с.
7. Корячкина С. Я., Байбашева Д. К. Влияние степени полимеризации молекул инулина и олигофруктозы на остаточное содержание их в ржано-пшеничном заварном хлебе функционального назначения. *Известия вузов. Пищевая технология*, 2010. № 1. С. 28—30
8. Капрельянец Л. В. Пребиотики : химия, технология, применение: монография. Киев: ЭнтерПринт, 2015. 252 с.
9. Пища и пищевые добавки. Роль БАД в профилактике заболеваний: пер. с английского под. ред.: ДЖ. Ренсаль, Дж. Донелли, Н. Рида. Москва : Мир, 2004. С. 212—213.
10. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних та макаронних виробів: навчальний посібник / за ред. чл.-кор. НААН В. І. Дробот. Київ: Кондор. Видавництво, 2015. 972 с.
11. ДСТУ ISO 10504:1998. Продукти гідролізу крохмалю. Визначення складу глюкозних сиропів, фруктозних і гідрогенізованих глюкозних сиропів методом рідинних хроматографій високороздільної здатності. [Введ. в дію 01.01.2006]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2004. 6 с.
12. Юрчак В. Г. Оптимізація та вдосконалення технологічних процесів галузі : конспект лекцій для студ. спец. 7.091702 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» ден. форми навч. Київ : НУХТ, 2001. 64 с.
13. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебоблочных изделий / НПО «Хлебпром». Москва: ПРЕЙСКУРАНТИЗДАТ, 1989. 495 с.
14. Сарычев Б. Г. Технология и биохимия ржаного хлеба. Москва : Пищепромиздат, 1959. 199 с.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати даний матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути опублікована лише одна стаття автора (як власна, так і в спів-авторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вчитаних роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською та українською мовами (1 800 символів з пробілами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті;
 - викладення основних результатів дослідження;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ 8302:2015. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора.