



2020

НАУКОВІ ПРАЦІ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 26 № 6

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

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2020

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

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

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

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

- 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 # 6 from 24th of December, 2020

© NUFT, 2020

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

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

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

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

- 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 № 6 від 24 грудня 2020 року

© НУХТ, 2020

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор

Editor-in-Chief

Олександр Шевченко

Olexander Shevchenko

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Відповідальний секретар

Accountable secretary

Анастасія Шевченко

Anastasiia Shevchenko

канд. техн. наук, доц., Україна

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

Члени редакційної колегії:

Агота Гедре Райшене

Agota Giedre Raisiene

д-р екон. наук, Литва

Ph. D. Hab., Lithuanian Institute of Agrarian Economics, Lithuania

Атанаска Тенсва

Atanaska Teneva

д-р екон. наук, доц., Болгарія

Ph. D. Hab., As. Prof., University of Food Technologies, Bulgaria

Анатолій Заїнчковський

Anatoly Zainchkovskiy

д-р екон. наук, проф., Україна

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

Анатолій Ладанюк

Anatoly Ladanyuk

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Андрій Маринін

Andrii Marynin

канд. техн. наук, ст. наук. сп., Україна

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

Браян Мак Кенна

Brian McKenna

д-р техн. наук, проф., Ірландія

Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland

Валерій Мирончук

Valerii Myronchuk

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Василь Кишенько

Vasyl Kyshenko

канд. техн. наук, проф., Україна

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

Василь Пасічний

Vasyl Pasichnyi

д-р техн. наук, проф., Україна

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

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, проф., Україна

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

Володимир Зав'ялов

Volodymyr Zavialov

д-р техн. наук, проф., Україна

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

Володимир Іванов

Volodymyr Ivanov

д-р біол. наук, проф., Україна

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

Галина Колісник

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

ЗМІСТ

Автоматизація

та інформаційні технології

Грама М. П., Сідлецький В. М., Ельперін І. В. Аналіз системи автоматизації випарної установки з нейромережним регулятором

Безпека харчових продуктів і охорона праці

Кучеренко В. М., Білько М. В. Щодо кількісного вмісту метанолу у винах ізабельних сортів винограду та його вплив на здоров'я споживачів

Жерносеков Д. Д., Сакович В. В., Штепа В. Н., Заец Н. А. Оценка эффективности практического использования дезинфектантов, полученных химическим и электрохимическим способами

Шевченко О. Ю., Сімахіна Г. О., Шевченко А. О. Оздоровче харчування в контексті продовольчої безпеки в Україні

Біотехнології

Ярош М. Б., Пирог Т. П., Скроцька О. І. Біологічна активність мікробних полісахаридів Видасов Н. В., Лихова О. О., Козак Т. П., Безденежних Н. М., Тетеріна С. М. Вплив гіперінсулінемії на біологічні властивості клітин раку молочної залози людини нової клітинної лінії BCC/P

Економіка, менеджмент і маркетинг

Арич М. І., Корнієнко М. В., Крипак Я. В., Діденко Т. С. Інфляція та страхування як фактори впливу на безпеку продовольчого ринку: двофакторний регресійний аналіз Зайчківський А. О., Алюшкіна Т. В. Формування системи стимулювання праці з метою підвищення ефективності діяльності підприємства

Скопенко Н. С., Євсєєва-Северина І. В., Бойко І. А., Капля Д. В. Сучасні підходи до формування ефективної інноваційної політики підприємства

Механічна та електрична інженерія

Петренко В. П., Рябчук О. М., Масліков М. О., Францішко А. П. Теплообмін у кільцевих низхідних слаботурбулентних парорідинних потоках під час пароутворення

Топал О. І., Голєнко І. Л., Гапонич Л. С. Вибір технологій термічної утилізації твердих побутових відходів та альтернативних палив для енергетичного сектору України

Слюсенко А. М., Пономаренко В. В., Лементар С. Ю., Пушанко М. М. Дослідження впливу конструктивних елементів приймальної камери на експлуатаційні характеристики рідинно-газового ежектора

CONTENTS

Automation

and Information Technologies

7 Hrama M., Sidletskyi V., Elperin I. Analysis of evaporation automation system with neural network regulator

Food Products Safety and Occupational Health

16 Kucherenko V., Bilko M. The quantitative content of methanol in wines of isabel grape varieties and its impact on consumer health

24 Zhernosekov D., Sakovich V., Shtepa V., Zaiets N. Evaluation of the effectiveness of the practical use of disinfectants obtained by chemical and electrochemical methods

36 Shevchenko O. Yu., Simakhina G. O., Shevchenko A. O. Nutrition for well-being within the context of food security in Ukraine

Biotechnology

44 Yarosh M., Pirog T., Skrotska O. Biological activity of microbial polysaccharides

56 Vydasov N., Lykhova A., Kozak T., Bezdeniezhnykh N., Teterina S. The effect of hyperinsulinemia on the biological properties of human breast cancer cells of the new BCC/P cell line

Economy, Management and Marketing

68 Arych M., Korniienko M., Kripak Y., Didenko T. Inflation and insurance as factors influencing food market security: a two-factor regression analysis

82 Zainchkovsky A., Aliushkina T. Formation of system of stimulation of labor for the purpose of increasing efficiency of activity of the enterprise

90 Skopenko N., Yevsieieva-Severyna I., Boiko I., Kaplia D. Modern approaches to the formation of an effective innovation policy of the enterprise

Mechanical and Electrical Engineering

106 Petrenko V., Ryabchuk O., Maslikov M., Frantsihko A. Heat transfer in the down flowing annular weakly turbulent steam-liquid flows during vaporization

115 Topal A., Holenko I., Haponych L. Selection of thermal treatment technologies to utilize municipal solid wastes and alternative fuels for the energy sector of Ukraine

124 Sliusenko A., Ponomarenko V., Lementar S., Pushanko N. Investigation of influence of structural elements of the receiving chamber on the operational characteristics of the liquid-gas ejector

- Соколенко А. І., Бут С. А., Ступак Ю. О. 133 *Sokolenko A., But S., Stupak J.* Dynamics of transition processes in food packaging lines
Динаміка перехідних процесів у лініях пакування харчової продукції
- Стадник І. Я., Паньків Ю. Ю., Піддубний В. А. 142 *Stadnyk I., Pankiv Y., Pidubnyi V.* Determination of specific power during components mixing
Визначення питомої потужності при змішуванні компонентів
- Валентюк Н. О., Станкевич Г. М. 154 *Valentyuk N., Stankevych G.* Features of post-harvest treatment of amaranth
Особливості післязбиральної обробки зерна амаранту
- Шило І. Н., Поздняков В. М., Зеленко С. А. 163 *Shilo I., Pozdniakov V., Zelenko S.* Research of performance of vibro-pneumatic separator
Исследование производительности вибропневматического оборудования
- Харчові технології**
- Кузьмик У. Г., Ющенко Н. М., Басс О. О., 173 *Kuzmyk U., Yushchenko N., Bass O., Mukoliv I.* Research of the water activity indicator of fermented milk pastes
Миколів І. М. Дослідження показника активності води паст кисломолочних
- Лисенко О. Л., Гирич С. В., Бондаренко Ю. В., 180 *Lysenko O., Gyrych S., Bondarenko Yu., Bilyk O.* Enrichment of jelly marmalade by calcium, with the use of milk to give the status of a functional food product
Білик О. А. Збагачення желевого мармеладу кальцієм завдяки використанню молока з метою надання статусу функціонального харчового продукту
- Гаврюшенко К. О., Гладкий Ф. Ф., Горбач Т. В. 189 *Havriushenko K., Gladkiy F., Gorbach T.* Experimental evaluation of the possible toxicity of ethyl stearate under conditions of its use as a food product
Експериментальна оцінка можливої токсичності етилстеарату за умов використання його як харчового продукту
- Матко С. В., Левківська Т. М., Ткачук Н. А. 197 *Matko S., Levkivska T., Tkachuk N.* The improvement of juice beverages production technology using wild raw material
Удосконалення технології виробництва соковмісних напоїв з використанням дикорослої сировини
- Дричик М. Ю., Чорна А. І. 207 *Drychuk M., Chorna A.* Consumer properties of pasta with addition of powder of onion husk
Споживні властивості макаронних виробів з додаванням порошку лушпиння цибулі
- Зміст журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» за 2020 рік** 217 **Contents of the journal “Scientific Works of the National University of Food Technologies” for 2020**

ANALYSIS OF EVAPORATION AUTOMATION SYSTEM WITH NEURAL NETWORK REGULATOR

M. Hrama, V. Sidletskyi, I. Elperin

National University of Food Technologies

Key words:

*Sugar
Evaporation
Regulation
PI-regulator
Neural network*

Article history:

Received 29.10.2020
Received in revised form
12.11.2020
Accepted 25.11.2020

Corresponding author:

M. Hrama

E-mail:

mpgmay6@gmail.com

ABSTRACT

In this paper, a comparison is made between PI and neural network regulator. The purpose of the study was to determine which type of regulation will achieve the best quality control for first corps of evaporation station control. Failure to comply with the required technological parameters can clog the filters and prevent the flow of juice to the evaporator station. In addition, it is necessary to ensure optimal performance of the evaporator station to obtain the highest performance and stabilization of juice levels in the bodies of the evaporators. Therefore, in order to prevent overheating and overexposing of sugar syrup, it is necessary to use intelligent means of regulation, as this leads to higher process quality parameters compared to systems with other types of regulators.

The regulation of such important parameters as the levels of concentrated juice in the evaporator bodies, which directly affect the quality and cost of production in order to ensure the following advantages in the evaporator station was carried out: reduction of time of juice at high temperatures due to transfer of steam samples; reduction of sensitivity to changes in consumption and condensation of juice entering the evaporation; reducing the duration of cooking concentrated juice in vacuum devices by increasing the temperature of the heating steam.

All studies are performed using Matlab medium. Controller settings were also calculated using Matlab's built-in tools. In the course of research, it was determined that the neural network regulator had higher qualitative characteristics of transients in comparison with the PI regulator, but during its application there was a static error. Therefore, it can be concluded that for the further use of the neural network regulator in this automation system it is necessary to develop a mechanism for compensation for this error.

АНАЛІЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ З НЕЙРОМЕРЕЖЕВИМ РЕГУЛЯТОРОМ

М. П. Грама, В. М. Сідлецький, І. В. Ельперін
Національний університет харчових технологій

У статті проведено порівняння між ПІ і нейромережевим регулятором. Визначено, який тип регулювання дасть змогу досягти найкращих показників контролю якості для регулювання першого корпусу випарної станції. Недотримання необхідних технологічних параметрів може призвести до забиття фільтрів і перешкоджати надходженню соку на випарну станцію. Крім того, необхідно забезпечувати оптимальні показники роботи випарної станції для отримання найбільш високих показників продуктивності та стабілізації рівнів соку в корпусах випарних апаратів. Саме тому, з метою запобігання перегріву та перетримці цукрового сиропу, необхідно застосовувати інтелектуальні засоби регулювання, оскільки це призводить до підвищення параметрів якості процесу порівняно із системами з іншими типами регуляторів.

Здійснено регулювання таких відповідальних параметрів, як рівні концентрованого соку в корпусах випарної станції, які безпосередньо впливають на якість і вартість виробленої продукції задля забезпечення таких переваг у роботі випарної станції: зменшення часу перебування соку в зонах високих температур унаслідок переносу відборів пари з перших корпусів в останні; зниження чутливості до змін витрати та конденсації соку, який поступає на випарювання; зменшення тривалості варки концентрованого соку у вакуум-апаратах шляхом підвищення температури гріючої пари.

Усі дослідження проведено із застосуванням середовища Matlab. Параметри налаштування регуляторів розраховано за допомогою вбудованих засобів середовища Matlab. У ході досліджень визначено, що нейромережевий регулятор має більш високі якісні характеристики перехідних процесів порівняно з ПІ-регулятором, проте в ході його застосування виникає статична похибка. Для подальшого використання нейромережевого регулятора в розробленій системі автоматизації необхідно розробити механізм компенсації цієї похибки.

Ключові слова: цукор, випарювання, регулювання, ПІ-регулятор, нейромережевий.

Постановка проблеми. Призначення випарної станції — виділення і видалення з розчину певної частки розчинника у вигляді пари з метою підвищення концентрації розчиненої речовини у розчині. У цукровій промисловості випарні станції застосовують для підвищення концентрації вмісту сухих речовин у соковій цукрового буряка та одержання таким чином цукрового сиропу.

Підтримка оптимального режиму роботи випарної станції можлива лише за умови автоматичного управління процесом випарювання, оскільки процес випарювання неперервний, а кількість соку, що поступає на відбір сокової пари, змінюється в часі. Найкращі умови випарювання та безперебійне постачання

споживачів соковою парою необхідного потенціалу будуть досягнені за оптимального режиму, який можна вважати таким, якщо він забезпечує задану продуктивність ВС за умови стабілізації рівнів соку в корпусах випарних апаратів [1].

З метою забезпечення нормальної витрати пари на випарці необхідно дотримуватись оптимального значення рН на другій сатурації. Рівень рН підтримується за допомогою вапняного молока, яке додається пропорційно масі дифузійного соку. Недотримання необхідних технологічних параметрів може призвести до забиття фільтрів і перешкоджати надходженню соку на випарну станцію [2].

Для забезпечення оптимальних показників роботи випарної станції, заданої продуктивності ВС та стабілізації рівнів соку в корпусах випарних апаратів необхідно застосовувати автоматизовану систему управління випарною станцією. Також використання системи управління дає змогу забезпечити оптимальне значення рН та регулювати рівень дифузійного соку. Для покращення параметрів регулювання та забезпечення дотримання більш точних технологічних параметрів процесу випарювання пропонується використати нейромережеві регулятори.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Удосконалення процесу випарювання є важливим завданням. Для кращого розрахунку настройок ПІ регулятора потрібно знати всі його технологічні особливості та мати математичну модель, але це проблематично, оскільки потребує зміни технологічних параметрів під час роботи випарної станції. Крім того, є безліч інших факторів, які можуть впливати на роботу випарної станції. Наприклад, у [3] описано проект випарної станції та схему багатостадійного процесу випарювання, визначено основні конструктивні особливості випарної станції. Також автор розглядає підходи оптимізації випарної станції та доводить, що оптимальні результати можуть бути досягнені шляхом одночасної модернізації випарної станції і пов'язаної з нею мережі теплообмінника. В [4] йдеться про те, що для проведення процесу випарювання необхідно використовувати неприйнятну кількість енергії через високу приховану теплоту води. Автор розглядає проблеми при виявленні процесів з низькими енерговитратами і пропонує використовувати мембрани зворотного осмосу. У [5] автор досліджує залежність кореляцій коефіцієнтів тепловіддачі для прогнозування і стверджує, що у випадку, коли випарна станція вимагає очищення, ця залежність може бути помилковою, тому пропонує використовувати онлайн-визначення коефіцієнтів теплопередачі та коефіцієнтів масштабування для отримання точних значень процесів. У [6] досліджується процес випарювання у виробництві цукру-сирцю. Автор доводить, що температура соку повинна бути підвищена до температури насичення в нагрівачі соку з використанням парів, що відходять від випарної станції. В [7] пропонується модель процесу випарювання, що враховує взаємодію між трьома компонентами процесу через баланс маси та енергії. У [8] розглядається виробництво цукру на основі охолодження кристалізації соку концентрованої сировини, що надає можливість отримати якісний цукор за допомогою чотиристадійної кристалізації.

У [9] досліджено алгоритми та структуру системи поточної діагностики випарної станції, для чого використано набір евристичних залежностей і часткові параметричні моделі. У [10] описується створення багатовимірних оптимальних регуляторів за допомогою алгоритму аналітичного конструювання

Мета статті: покращити параметри регулювання та забезпечити дотримання більш точних технологічних параметрів процесу випарювання; забезпечити оптимальні показники роботи випарної станції.

Викладення основних результатів дослідження. При розробці математичної моделі випарної станції прийняли, що побудова одного багатовимірного регулятора є неефективною. Це пов'язано з тим, що інерційність матеріальної складової математичної моделі на два порядки нижча за інерційність теплової складової. Тобто найбільш характерними для випарної станції є розділення системи на окремі підсистеми при використанні оптимальних регуляторів. Проте ці підсистеми об'єднані суттєвими внутрішніми взаємозв'язками між змінними. Матриці A , B , C наведено у формулах (1)—(3):

$$A = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}; \quad (1)$$

$$B = \begin{vmatrix} 0,228 & -0,228 \\ 0 & 0,147 \end{vmatrix}; \quad (2)$$

$$C = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Такі підсистеми описуються схожими за структурою математичними моделями, тому при складанні моделі для першого корпусу матеріальні й енергетичні потоки подали у вигляді, наведеному на рис. 1 [10].

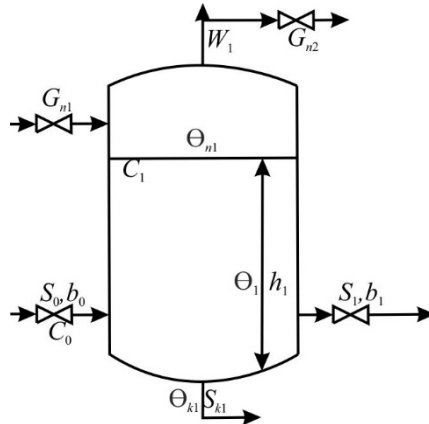


Рис. 1. Технологічна схема першого корпусу випарної станції

На рис. 1 зображено технологічну схему першого корпусу випарної станції, де:

Θ_1 — температура киплячого соку в 1-му корпусі ВС, °С;

Θ_{n1} — температура пари в 1-му корпусі випарної станції, °С;

h_1 — рівень сиропу в 1-му корпусі ВС, м, % до довжини трубок поверхні нагріву;

S_0, S_1 — приток соку в 1-й корпус, виток сиропу з 1-го корпусу, кг/с;

W_1 — витрата пари, що утворюється в 1-му корпусі випарної станції, кг/с;

G_{n1} — витрата гріючої пари в 1-му корпусі ВС, кг/с;

b_1 — концентрація сухих речовин в 1-му корпусі випарної станції, %;

S_{k1} — витрата конденсату в 1-му корпусі випарної станції, кг/с;

Θ_{k1} — температура конденсату в 1-му корпусі ВС, °С;

C_1 — вміст цукрози в сиропі в 1-му корпусі ВС, %.

Перевагами в роботі випарної станції є зменшення часу перебування соку в зонах високих температур унаслідок переносу відборів пари з перших корпусів в останні; зниження чутливості до змін витрати та конденсації соку, який поступає на випарювання; зменшення тривалості варки концентрованого соку у вакуум-апаратах шляхом підвищення температури гріючої пари [1].

Система автоматизації повинна забезпечувати контроль температури в корпусі, стабілізацію тиску сокової пари, стабілізацію рівня та витрати соку в корпусі. Більш детально ці вимоги сформовано у табл. 1.

Таблиця 1. Таблиця значень технологічних параметрів

| № з. п. | Параметр, місце відбору сигналу | Припустиме значення параметра | Вид автоматизації | Характер контролю чи управління | Засоби управління та контролю, реалізація управляючої дії |
|---------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Температура у 1-му корпусі | 136°С | Контроль | Відображення Реєстрація | АРМ оператора |
| 2 | Тиск сокової пари у 1-му корпусі | 0,25 МПа | Регулювання | Відображення Реєстрація | АРМ оператора. Вплив на витрату пари від регулюючого органа |
| 3 | Рівень у 1-му корпусі | 0—100% | Регулювання | Відображення Реєстрація | АРМ оператора. Вплив на перетік соку на наступний корпус або на виробництво |
| 4 | Витрата соку на випарну установку | 215 м ³ /год | Регулювання | Відображення Реєстрація | АРМ оператора. Вплив на витрату соку |
| 5 | Стан насоса подачі соку на 1-й корпус | | Контроль | Відображення Реєстрація | АРМ оператора |

На рис. 2 зображена схема структури об'єкта в середовищі Matlab.

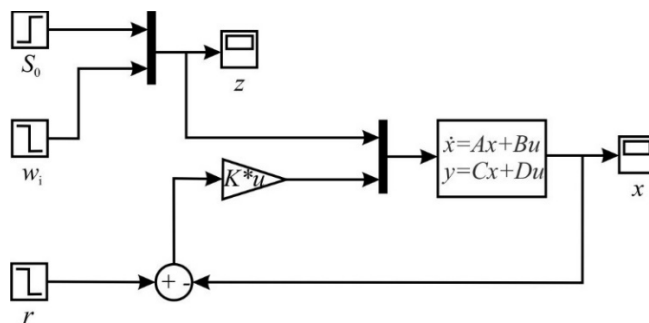


Рис. 2. Схема структури об'єкта в середовищі Matlab

Результати зміни завдання показані на рис. 3.

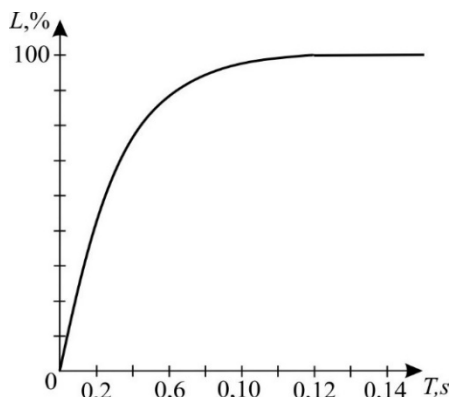


Рис. 3. Результати зміни завдання

З рис. 3 видно, що при використанні запропонованої структури об'єкта виникає значна похибка. Саме тому необхідно використати інші засоби регулювання, такі як ПІ та нейромережвий регулятор. Зазвичай, у процесі випарювання застосовують П-регулятори, проте пропонується використати ПІ з метою підвищення точності.

Далі перейдемо до розробки математичної моделі з ПІ-регулятором. Власне, математичну модель з ПІ-регулятором показано на рис. 4.

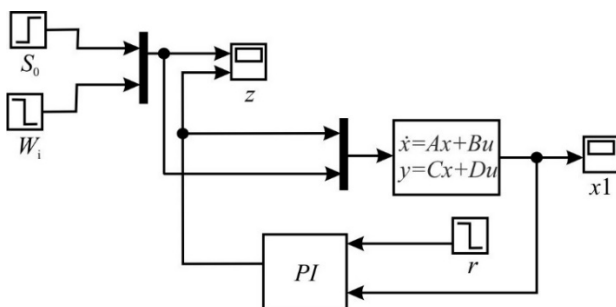


Рис. 4. Математична модель з ПІ-регулятором у середовищі Matlab

Налаштування параметрів регулятора розраховані в системі Matlab по каналу X : пропорційна ланка — 1,36; інтегральна — 0,08; диференціальна — 0,95.

Параметри було розраховано на основі математичної моделі [10], яку в середовищі Matlab було переведено у простір змінних стану шляхом створення векторів $x(t)$, $u(t)$, $w(t)$, $y(t)$. Після цього, за допомогою програмних засобів Matlab, було визначено власні значення об'єкта. На основі цього було побудовано структурну схему, що зображена на рис. 2. Параметри налаштування регулятора було розраховано за допомогою вбудованої функції PID Tuner.

Перехідний процес для каналу регулювання X показано на рис. 5.

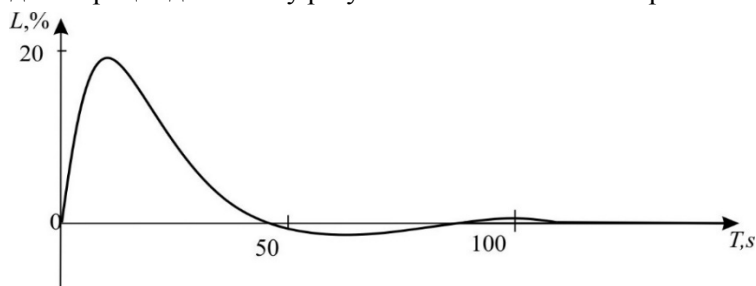


Рис. 5. Перехідний процес по каналу регулювання X

Математичну модель з нейромережним регулятором показано на рис. 6.

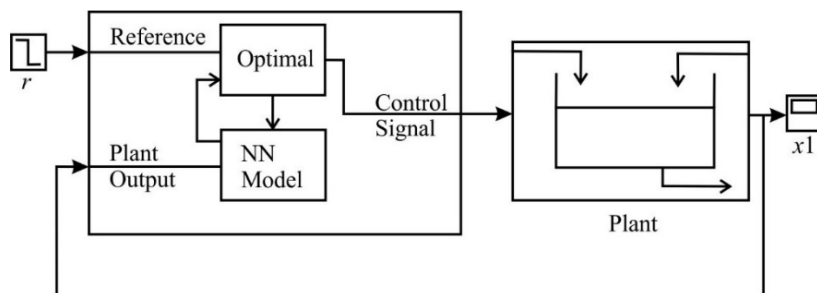


Рис. 6. Математична модель з нейромережним регулятором у середовищі Matlab

Для налаштування нейромережевого регулятора рівня в корпусі I використовуємо засіб Matlab Neural Network Predictive Control. Налаштування було встановлено таким чином: Cost Horizon (кількість часових кроків, протягом яких мінімізуються помилки прогнозування) 10, Control Horizon (кількість часових кроків, протягом яких приріст контролю зведений до мінімуму) 2, Control Weighting Factor 0,08 (ваговий коефіцієнт), Search Parameter (визначення часу пошуку) 0,005, Iterations Per Sample Time (визначення кількості ітерацій алгоритму оптимізації в кожному кроці розрахунку) 5.

Також у підпункті Plant Identification було встановлено такі налаштування: Size of Hidden Layer (кількість нейронів у першому шарі моделі мережі) 100, Sampling Interval (часовий інтервал, з яким Simulink збирає дані з математичної моделі) 0,04, No. Delayed Plant Inputs (кількість ліній затримки, що надходять до моделі виробництва) 2, No. Delayed Plant Outputs (кількість ліній затримки, що виходять з моделі виробництва) 5.

Перехідний процес для каналу регулювання X показано на рис. 7.

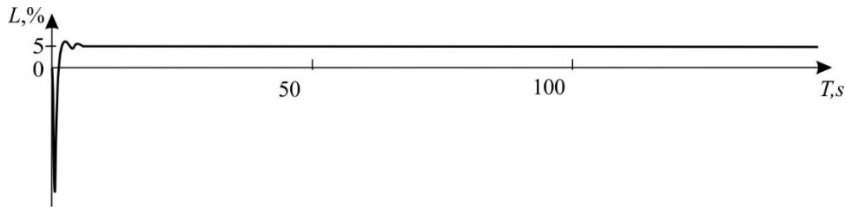


Рис. 7. Перехідний процес по каналу регулювання X

Порівнюючи результати моделювання, наведені на рис. 8, можна помітити, що використання нейромережевого регулятора надає ряд переваг, якщо порівняти з використанням звичайного ПІ-регулятора. По-перше, набагато менший час регулювання (10 с, а в ПІ — 110 с). По-друге, менша амплітуда коливань. Ці два параметри якості перехідних процесів безпосередньо впливають і на якість готової продукції, недопускаючи довгострокового порушення перебігу технологічного процесу.

Але використання нейромережевого регулятора має і певний недолік, зокрема виникнення в процесі регулювання статичної похибки (0,18), що може негативно вплинути на перебіг технологічного процесу, тому в майбутньому необхідно розробити механізми компенсації цього явища.

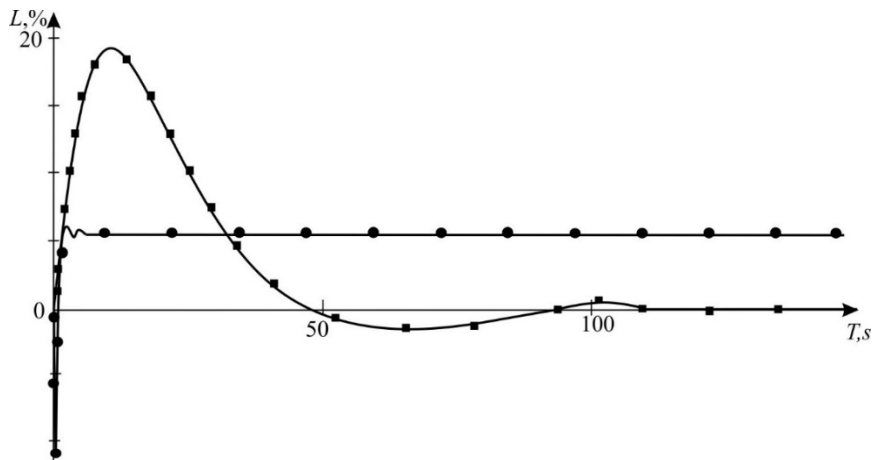


Рис. 8. Порівняння результатів моделювання (■ — для ПІ-регулятора, ● — для нейромережевого регулятора)

Висновки

Отже, використання як ПІ, так і нейромережевого регуляторів має ряд переваг і недоліків. Нейромережевий регулятор володіє такими більш високими якісними характеристиками перехідних процесів, як час регулювання та амплітуда коливання порівняно з ПІ-регулятором, але при його використанні виникає статична похибка. Тому для подальшого використання нейромережевого регулятора у запропонованій системі автоматизації потрібно розробити механізм компенсації цієї похибки.

Література

1. Hrama M., Sidletsyky V., Elperin I. Comparison between PID and fuzzy regulator for control evaporator plants. *2019 IEEE 39th International Conference on electronics and nanotechnology (ELNANO), Conference proceedings*. 2019. P. 54—59.
2. Hrama M., Sidletsyky V., Elperin I. Justification of the neuro-fuzzy regulation in evaporator plant control system. *Ukrainian Food Journal*. 2019. Volume 8, Issue 4. P. 873—890.
3. Urbaniec K. The evolution of evaporator stations in the beet-sugar industry. *Journal of Food Engineering*. 2004. Vol. 61, no. 4. P. 505—508.
4. Madaeni S. S., Zereshki S. Energy consumption for sugar manufacturing. Part I: Evaporation versus reverse osmosis. *Energy Conversion and Management*. 2010. Vol. 51, no. 6. P. 1270—1276.
5. Chantasiriwan S. Online determination of heat transfer coefficients in sugar juice evaporation process. *Journal of Food Engineering*. 2018. Vol. 230. P. 63—71.
6. Chantasiriwan S. Distribution of juice heater surface for optimum performance of evaporation process in raw sugar manufacturing. *Journal of Food Engineering*. 2017. Vol. 195. P. 21—30.
7. Chantasiriwan S. Optimum surface area distribution of quadruple-effect evaporator in sugar juice evaporation process. *Chemical Engineering Communications*. 2017. Vol. 204, no. 12. P. 1466—1473.
8. Grabowski M., Klemeš J., Urbaniec K., Vaccari G., Zhu X. Minimum energy consumption in sugar production by cooling crystallisation of concentrated raw juice. *Applied Thermal Engineering*. 2001. Vol. 21, no. 13—14. P. 1319—1329.
9. Syfert M., Rzepiejewski P., Wnuk P., Kościelny J.M. Current diagnostics of the evaporation station. *IFAC Proceedings Volumes*. 2005. Vol. 38, no. 1. P. 365—370.
10. Luts kaya N. M., Vlasenko L. O. Development of multidimensional optimal controllers for sugarmill evaporation plant which operates in interval indetermination conditions. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*. 2013. Vol. 52. P. 48—61.

QUANTITATIVE CONTENT OF METHANOL IN WINES OF ISABEL GRAPE VARIETIES AND ITS IMPACT ON CONSUMER HEALTH

V. Kucherenko

Ukrvinprom Corporation

M. Bilko

National University of Food Technologies

Key words:

Isabella

Methyl alcohol

Enzyme preparations

Dimethyldicarbonate

OIV

Consumer health

Article history:

Received 30.10.2020

Received in revised form
12.11.2020

Accepted 24.11.2020

Corresponding author:

V. Kucherenko

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article is devoted to the study of the effect of wines from Isabella grape varieties (Isabella, Lydia, Noah, Seneca, Ontario, Lindei, etc.) on the health of consumers based on the analysis of their methanol content. The data on the prevalence of this variety in different countries of the world, features of organoleptic characteristics, the range of food products are given.

According to some authors' research and conclusions, there is increased pectin content in the berries of Isabella varieties, due to which methyl alcohol accumulates in the wine, which is dangerous to human health. At the same time, the data of the International Organization of Grapes and Wine MOVV are given, which indicate the ranges of methanol content in white, rosé, and red wines and the maximum permissible concentrations of this substance in different types of wines.

The limit level of methyl alcohol is 20 mg of methanol per 1 kg of body weight, leading to critical whiteness in the upper abdomen, impaired vision, incurable blindness, and even death from respiratory disorders. It was proved that the negative effect of wine from Isabella grapes can be in the case of a single oral administration of 3.5 liters per person based on calculating the maximum allowable dose of methanol on its concentration in wines.

The main technological methods that increase the methanol content in grape wines were considered, including long-term contact of the must with grape berry skins, the use of pectolytic enzyme preparations, and dimethyl dicarbonate, as well as the use of grapes affected by the noble mold *Botrytis cinerea*.

It has been proven that the content of methanol in grape wines made from Isabella grape varieties, even with the use of enzyme preparations and dimethyl dicarbonate, does not exceed the permissible concentration, which could pose a threat to the health of consumers.

ЩОДО КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ МЕТАНОЛУ У ВИНАХ ІЗАБЕЛЬНИХ СОРТІВ ВИНОГРАДУ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я СПОЖИВАЧІВ

В. М. Кучеренко

Корпорація «Укрвинпром»

М. В. Білько

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив вин з ізабельних сортів винограду (Ізабелла, Лідія, Ноа, Сенека, Онтаріо, Ліндей та ін.) на здоров'я споживачів на основі аналізу вмісту в них метанолу. Наведено дані щодо розповсюдженості цього сорту в різних країнах світу, особливостей органолептичних характеристик, асортименту харчових продуктів.

Приведено результати досліджень та висновки деяких авторів, які відмічають підвищений вміст пектинових речовин у ягодах ізабельних сортів, завдяки яким у вині накопичується метиловий спирт, що є небезпечним для здоров'я людини. Також наведено дані Міжнародної організації винограду і вина МОВВ, у яких зазначаються діапазони вмісту метанолу в білих, рожевих і червоних винах та гранично допустимі концентрації цієї речовини в різних типах вин.

Визначено граничний рівень метилового спирту, який складає 20 мг метанолу на 1 кг ваги тіла, що може призвести до гострого болю у верхній частині живота, порушення зору, невеличкової сліпоти, навіть смерті від порушення дихання. Доведено, що негативний вплив вина з ізабельних сортів винограду може бути в разі одноразового перорального введення 3,5 л на одну особу на основі перерахунку гранично допустимої дози метанолу на концентрацію його у винах.

*Розглянуто основні технологічні прийоми, які призводять до підвищення вмісту метанолу у виноградних винах, серед яких тривалий контакт суслу з м'язгою, використання ферментних препаратів пектолітичної дії та препарату диметилдикарбонат, а також застосування винограду, враженого шляхетною пліснявою *Botrytis cinerea*.*

Доведено, що вміст метанолу у виноградних винах, вироблених з ізабельних сортів винограду навіть з використанням ферментних препаратів і препарату диметилдикарбонат, не перевищує допустиму концентрацію, яка могла б становити загрозу здоров'ю споживачів.

Ключові слова: *Ізабелла, метиловий спирт, ферментні препарати, диметилдикарбонат, МОВВ, здоров'я споживачів.*

Постановка проблеми. *Ізабельні сорти винограду (Ізабелла, Лідія, Ноа, Сенека, Онтаріо, Ліндей та ін.) давно відомі не тільки виноградарям і виноробам, але й споживачам як у свіжому вигляді, так і у вигляді продукції, що з них виробляється [1].*

Зокрема, сорт винограду Ізабелла є загальновідомим за своєю історією походження, ампелографією, поширеністю та використанням. Поширенню сорту Ізабелла по світу сприяло кілька чинників. Він однаково добре переносить як тропічні і субтропічні умови, так і морози; стійкий до мілдью та оїдіуму [2]. Цей сорт і сьогодні залишається популярним в Аргентині, Туреччині, на острові Балі, в Японії, на східному узбережжі США та в штаті Нью-Йорк.

На сьогодні найбільші площі виноградників сорту Ізабелла знаходяться в Бразилії, де він є одним з основних сортів винограду. Сорт Ізабелла поширений в Азербайджані, Молдові, Краснодарському краї, Грузії, вільно росте в Сибіру, де його культивують як неукривний [1; 3].

У різних частинах земної кулі назва сорту винограду Ізабелла має понад 50 синонімів. Так, у Хорватії він відомий як *Seksarda*, в Італії та Австралії має назву *Fragola*, у Новій Зеландії — *Albany surprise*. З винограду цього сорту виробляють вино в Австрії під назвою *Uhudler*, в Італії — *Fragolina*.

В Україні вина з Ізабелли, а також соки, варення, сиропи та пасти завжди користувались великою популярністю за властивий їм приємний смак з відтінком суниці. Відомо, що більша половина виноградного соку, який виробляється у США і Бразилії, саме з ізабельних сортів винограду.

Проте вина із сорту Ізабелла мають певні особливості. На відміну від європейських сортів винограду, які характеризуються фруктовим-квітковим ароматом, Ізабелла має сильні своєрідні відтінки, що більшою мірою нагадують запах лисячого хутра та яскраво виражений суничний присмак. На думку фахівців, причиною цього різкуватого, нав'язливого і стійкого аромату є речовина із сімейства ацетофенонів (*acetophenone*). Цей специфічний смак і аромат не зникають навіть при використанні наявних у розпорядженні виноробів технологічних прийомів у процесі витримки вина [4].

Слід відмітити, що ставлення до такого аромату в різних країнах неоднакове. Так, у європейських країнах він оцінюється як негативний, натомість у Китаї, Японії, Аргентині, Бразилії, низці регіонів США і Канади та деяких країнах пострадянського простору цей специфічний аромат викликає позитивне сприйняття.

Утім якісне вино з ізабельних сортів винограду чи ні — це вже справа особистих уподобань і тут кожен може вибирати сам, яка позиція йому до смаку. Проте останнім часом, не без допомоги ЗМІ, поширилася інформація про негативний вплив ізабельних сортів на здоров'я людей та різні захворювання, які викликають вина з цих сортів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання щодо корисності вин із винограду сорту Ізабелла висвітлювалися в низці публікацій науковців. Так, Є. П. Шольц-Куликов відмічає, що через підвищений вміст пектинових речовин в ягодах у вині накопичується метанол, небезпечний для здоров'я людини, тому не рекомендує використовувати Ізабеллу для приготування вина [5]. А. В. Дергунов із спів. вказує на високий вміст метанолу (312 мг/дм³) у виноматеріалі із сорту Ізабелла порівняно зі зразками, виготовленими із Каберне-Фран і Красностоп АЗОС, де його вміст був удвічі менший [6]. Проте така відносно висока концентрація метанолу є цілком допустимою. Так, в офіційній відповіді Міжнародної

організації виноградарства та виноробства (МОВВ) на запит України повідомлялося, що гранично допустимий рівень вмісту метанолу для білих і рожевих вин становить 250 мг/дм³, для червоних — 400 мг/дм³ [7].

Відомо, що основним процесом накопичення метанолу у вині є деетерифікація пектину, яка каталізується пектинестеразою [8]. Деякі автори вказують на залежність вмісту пектину у винограді від ступеня його зрілості, де його вміст коливається в межах 300...1000 мг/дм³, а в таких сортах винограду, як Мускат білий і Мускат рожевий, які були культивовані на південному березі Криму, вміст пектину сягав 2,3...3 г/дм³ [9]. У середньому пектину у винограді міститься близько 600 мг/кг, а в яблуках його, наприклад, удвічі більше [10].

Мета дослідження полягає в дослідженні впливу метанолу на здоров'я споживачів вин із винограду сорту Ізабелла на основі аналізу вмісту метанолу та його нормативних обмежень у винах.

Викладення основних результатів дослідження. Хімічна формула метанолу — CH₃OH; синоніми — метиловий спирт, карбінол, деревний спирт. Це безбарвна речовина з характерним запахом, має номер у реєстрі CAS 67-56-1, точка плавлення дорівнює мінус 98°C, точка кипіння — 65°C, гарно розчиняється у воді [11].

Метанол синтезується до і під час спиртового бродіння внаслідок гідролізу пектинів метилпектинестеразою, яка міститься у винограді. Пектиназа каталізує розрив ефірних зв'язків у пектин, в результаті чого утворюються метиловий спирт і пектинова кислота. Вміст метанолу переважає, як правило, в червоних винах, порівняно з рожевими та білими.

МОВВ також вважається прийнятною практикою виноробства використання екзогенних пектиназ у складі ферментних препаратів. Так само, як і у випадку пектинази, що природно наявна у винограді, використання екзогенних пектиназ у виноробстві сприяє накопиченню метанолу у вині.

Екзогенні пектинази дозволені для використання у виноробстві, принаймні в Австралії, Канаді, 28 державах-членах Європейського Союзу, Японії, Грузії, Новій Зеландії, країнах Південної Африки та Сполучених Штатах Америки, Україні, Росії, Білорусі, для покращення стабілізації та фільтрування виноматеріалів, збільшення виходу сусла, прискорення освітлення сусла.

В Аргентині, Австралії, Камбоджі, Канаді, Чилі, 28 державах-членах Європейського Союзу, Грузії, Гонконзі, М'янмі, Новій Зеландії, Росії, Сінгапурі, країнах Південної Африки, Таїланді, Туреччині та Сполучених Штатах Америки перед розливом вина дозволений для використання диметилдикарбонат (DMDC). Ця речовина проявляє антимікробну дію щодо *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Rhodotorula*, *Candida*, *Pichia*, *Endomyces*.

Використання DMDC, як правило, обмежене міжнародними правилами та рекомендаціями щодо максимальної обробки вина і складає 200 мг/дм³. Для інших алкогольних напоїв і сумішей алкогольних з іншими напоями міцністю менше 15% обмеження на використання DMDC часто встановлюється на рівні 250 мг/дм³. Використання DMDC може бути важливим для стабілізації продуктів з меншим вмістом спирту від додаткової ферментації в пляшці, а також дає змогу

зменшити кількість діоксиду сірки, що використовується, коли у вині наявний кисень у концентрації менше 1 мг/дм³.

DMDC швидко розпадається у вині, утворюючи вуглекислий газ і метанол у кількостях, нешкідливих для здоров'я людей, а також інші нешкідливі продукти. Під час обробки виноматеріалів DMDC із розрахунку 200 мг/дм³ утворюється метанол в кількості близько 100 мг/дм³ [12].

У літературних джерелах наведено інформацію щодо концентрації метанолу, яка природно може бути наявна у вині без застосування ферментних препаратів або DMDC [7]. Так, червоні вина, як правило, містять від 120 до 250 мг/дм³ метанолу через тривалий контакт м'язги із сусликом під час ферментації, на відміну від білих вин, де концентрація метанолу варіює в діапазоні від 40 до 120 мг/дм³.

Вина, виготовлені з винограду, що зазнав впливу *Botrytis cinerea* (наприклад, вина з пізнього врожаю у регіоні Бордо (Франція) провінції Сотерн для вин Сотерн), також мають більш високий вміст метанолу, ніж стандартні виноградні вина, — до 364 мг/дм³ [13].

Порівняно з кількістю метанолу у вині безалкогольні фруктові соки містять у середньому 140 мг/дм³ метанолу в діапазоні від 12 мг/дм³ до 640 мг/дм³ [14].

Метанол є токсичною хімічною речовиною. Симптоми гострого отруєння метанолом нагадують симптоми звичайного алкогольного сп'яніння, супроводжуються гострим болем у верхній частині живота, порушенням зору, що іноді переходить у невиліковну сліпоту і тривалу кому та може закінчитися смертю від порушення дихання. Смертельна доза варіюється, але, зазвичай, це від 100 см³ до 200 см³. Іноді вже 10 см³ можуть викликати постійну сліпоту [15].

Згідно з документом, підготовленим Міжнародною програмою ООН з хімічної безпеки, важко провести оцінку ризику від метанолу, оскільки сама хімічна речовина і її первинні метаболіти, що викликають занепокоєння, наявні в людському організмі природно, — факт, який попередньо передбачає, що певний вміст цих речовин не має токсичного ризику [16].

У [16] наводиться рівень метанолу, який має незначний ризик для людини, оскільки він не викликає зростання найбільш токсичного метаболіту (мурашиної кислоти) вище за нормальні фонові рівні, знайдені у людей. Такий рівень метанолу складає 20 мг метанолу на 1 кг ваги тіла. Це 1400 мг для особи вагою 70 кг. Щоб отримати таку кількість метанолу (обмеження метанолу для червоних вин, рекомендоване МОВВ — 400 мг/дм³), ця особа повинна буде спожити 3,5 літра вина при одноразовому пероральному введенні

За даними Наукового комітету Європейської комісії з питань харчових продуктів здорова людина може метаболізувати 1500 мг на годину метанолу без жодних шкідливих наслідків. Слід зауважити, що 1500 мг метанолу — це приблизно кількість метанолу, що міститься в 3,75 л вина з вмістом метанолу 400 мг/дм³. Цей об'єм вина треба було б спожити за одну годину, щоб засвоїти більше метанолу, ніж може метаболізувати здорова людина без негативних наслідків для себе.

Управління з харчових продуктів і медикаментів Сполучених Штатів Америки (FDA) повідомило, що рівень неспостережуваного негативного впливу (NOAEL) метанолу на людей становить від 71 до 84 мг/кг маси тіла (МТ) на добу.

Оскільки NOAEL був отриманий під час досліджень на людях, FDA виробило допустиму добову дозу (ДДД) від 7,1 до 8,4 мг/кг МТ на добу, використовуючи коефіцієнт безпеки 10. Щоб досягти нижньої межі цього діапазону ДДД, людина вагою 70 кг повинна спожити близько 1,25 л вина (майже 2 пляшки) на день з вмістом метанолу 400 мг/дм³.

У таблиці наведені обмеження, встановлені для вмісту метанолу у винах на різних світових ринках. Зрозуміло, що ці ліміти враховують рівні метанолу, які, зазвичай, зустрічаються у вині, і мають додаткові допуски для можливого використання у виробництві екзогенних ферментів пектинази і DMDC.

Таблиця. Обмеження метанолу у винах різних країн

| Обмеження метанолу за об'ємом вина, мг/дм ³ | | |
|--|---------------|---------|
| Аргентина, Чилі, Китай, Індія, В'єтнам | Білі і рожеві | Червоні |
| | 250 | 400 |
| Канадські провінції (Онтаріо, Квебек) | 400 | |
| Японія, Корея, США | 1000 | |
| Південна Африка | 300 | |
| Швейцарія | — | 300 |
| Таїланд | 150 | |
| Туреччина | 420 | |
| Обмеження за вмістом спирту у вині, мг/дм ³ етанолу | | |
| Австралія, Мексика, Нова Зеландія, Сінгапур | 3000 | |
| Китайський Тайбей | 2000 | |
| Індонезія | 1000 | |

При порівнянні зазначеної попередньо токсикологічної інформації з межами, встановленими для метанолу у вині, стає очевидним, що захист здоров'я населення не потребує цих обмежень. Для досягнення найнижчого значення ДДД, отриманої FDA, людина вагою в 70 кг повинна випивати 1,25 л червоного вина на день, що містить рекомендовану МОВВ максимальну кількість метанолу 400 мг/дм³. Згідно з висновками документа, підготовленого Міжнародною програмою Всесвітньої організації охорони здоров'я з хімічної безпеки, одноразове пероральне вживання 3,5 л такого вина не призведе до збільшення фонових рівнів мурашиної кислоти (найбільш токсичного метаболіту метанолу) для такого споживача. Отже, для досягнення рівня 1500 мг метанолу в організмі людини без негативних наслідків для здоров'я (за даними Наукового комітету Європейської комісії з питань харчових продуктів) людині доведеться спожити 3,75 л того ж вина протягом години.

Тож можна припустити, що обмеження вмісту метанолу для вина також одночасно слугують індексом (показником) відповідного поводження з плодами (ягодами винограду) при їх збиранні та подальшій обробці. Щоразу при пошкодженні ягід винограду під час їх росту, збирання, перевезення з виноградника на виноробню і в подальшому будуть вивільнюватися ендogenous пектинази й утворюватиметься метанол. Як уже зазначалося вище, грибові захворювання, які вражають виноград на винограднику, швидше за все, призводять до вищих рівнів метанолу в отриманому суслі. Було відзначено також, що вина з пізнього врожаю

(коли ризик грибкових захворювань зростає, оскільки виноград довше залишається на винограднику), як правило, мають більш високий вміст метанолу. Отже, можна очікувати, що вміст метанолу у вині буде вищим, якщо плоди були пошкоджені пліснявою на винограднику або внаслідок порушень правил під час збору врожаю та під час його транспортування до виноробні.

Обмеження вмісту метанолу як свідчення належної обробки ягід винограду при виробництві вина, очевидно, підтверджується тим фактом, що розрізняються червоні вина, з одного боку, та білі і рожеві — з іншого, тому встановлюються різні обмеження метанолу в кожному окремому випадку. Якби обмеження встановлювалися суто з токсикологічних причин, тоді в цьому не було б необхідності; єдине обмеження на вміст метанолу у вині було б доречним, незалежно від кольору вина.

Вище зазначалось, що дозволено широко використовувати екзогенні ферменти пектинази під час виробництва вина, а також використовувати DMDC як антисептик перед розливом, і що обидва ці процеси, в разі їх використання, певним чином підвищують загальний вміст метанолу у вині (як результат визнання цього уряди та інші відповідні міжурядові органи збільшили значення обмежень для метанолу у вині). Отже, зрозуміло, що необов'язково повинен бути чіткий взаємозв'язок між вмістом метанолу у вині і належною обробкою винограду під час збирання та виробництва вина. Виноробна продукція, що містить максимально допустимий вміст метанолу згідно з нормами, не має достатньо високої його концентрації, щоб становити загрозу здоров'ю споживачів.

Висновки

Отже, вміст метанолу у виноградних винах, вироблених з ізабельних сортів винограду навіть з використанням ферментних препаратів та препарату диметилдикарбонат, не перевищує допустиму концентрацію, яка могла б становити загрозу здоров'ю споживачів.

Позиція щодо негативного впливу на здоров'я споживачів продукції з ізабельних сортів винограду, яка активно висвітлювалась засобами масової інформації нашої країни, не мала жодного обґрунтування. Проте вона призвела до втрати країною понад 5000 га площ ізабельних сортів винограду.

Література

1. Изабелла. URL: <http://whywhywine.com/stati/sort/krasnyj/-/izabella> (дата звернення 17.10.2020).
2. Изабелла. URL: <https://vinograd.info/sorta/yniversalnye/izabella.html> (дата звернення 17.10.2020).
3. Петров В. С., Ильницкая Е. Т., Нудьга Т. А. и др. Совершенствование сортимента винограда в Краснодарском крае. *Флодоводство и виноградарство Юга России*. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/12/03/06.pdf> (дата звернення 17.10.2020).
4. Костенко В. М. Перспективи розвитку виробництва сортів ізабельної групи в Україні та напрямки використання продукції. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Вип. 71. 2014.
5. Шольц-Куликов Е. П. Сорт винограда Изабелла: за и против. *Виноделие и виноградарство*. 2015. № 5. С. 4.

6. Дергунов А. В., Лопин С. А., Ильяшенко О. М. и др. Изменение биохимического состава красных виноматериалов в зависимости от сорта винограда. *Научные труды СКЗНИИСиВ*. 2013. Т. 4. С. 54—58.
7. Безопасность вина Изабелла подтвердили международные эксперты. URL: <http://tech-drinks.info/ru/news/bezopasnost-vyna-yzabella-podtverdily-mezhdunarodnyie-ekspertyi#> (дата звернения 17.10.2020).
8. Handbook of Enology. The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments / P. Rib´ereau-Gayon et al.; 2nd Edition. John Wiley & Sons, 2006. 441 p.
9. Макаров А. С., Лутков И. П., Луткова Н. Ю. Игристое вино из Изабеллы. *Новая наука: современное состояние и пути развития*. 2016. № 2—2(68). С. 15—164.
10. Литовченко А. М., Тюрин С. Т. Технология плодово-ягодных вин. Симферополь. 2004. 368 с.
11. Справочник химика. URL: <https://xumuk.ru/encyklopedia/2582.html> (дата звернения 17.10.2020).
12. Наукова думка щодо переоцінки диметилдикарбонату (DMDC, E 242) як харчової добавки. *Вісник EFSA*. 2015. Т. 13. В. 12, ст. 11.
13. Wine Analysis and Production / В.Zoecklein et al. New York. 1999.
14. Clary J. J. The Toxicology of Methanol. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2016. P. 48.
15. Токсикология и медицинская защита: учебник / А. Н. Гребенюк, Н. В. Аксенова, А. Е. Антушевич и др.; под ред. А. Н. Гребенюка. СПб: Фолиант, 2016. 672 с.
16. Sponholz W. R. Methanol in Wine. FIVS. 2016. P. 7. URL: <https://static1.square-space.com/static/59f74cd27131a531f3479954/t/5b11bb16aa4a99051ea4ab93/1527888664277/Methanol+in+Wine+-+FIVS+-+2016-08-22+%28final%29+.pdf> (дата звернения 17.10.2020).

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE PRACTICAL USE OF DISINFECTANTS OBTAINED BY CHEMICAL AND ELECTROCHEMICAL METHODS

D. Zhernosekov, V. Sakovich, V. Shtepa

Polesie State University

N. Zaiets

National University of Food Technologies

Key words:

*Disinfectant
Disinfection
Veterinary medicine
Sanitation and hygiene*

Article history:

Received 05.11.2020
Received in revised form
17.11.2020
Accepted 01.12.2020

Corresponding author:

V. Shtepa

E-mail:

shns1981@gmail.com

ABSTRACT

The characteristics of disinfectants used in the meat and dairy industry of the Republic of Belarus have been analyzed. The prospects of introducing new disinfectants and methods of application have been considered. Prospects introduction of new disinfectants and methods of the application with the purpose improvement technical and economic indicators disinfection processes were considered. The technique of the experimental comparison surface treatment efficiency after contact with minced meat and milk was substantiated and created by the use of disinfectants created by chemical and electrochemical methods; on the basis of the developed sequences these drugs were investigated.

It was established experimentally that the agent obtained on the basis of the electrochemical processes (anolyte) had greater efficiency compared to the chemically created analogue in terms of sanitary-bacteriological parameters and antibacterial activity. During the research, attention was focused on simulating the production conditions for the use of disinfectants, which go beyond the frames of their regular use, but can occur in emergency situations at industrial facilities, which corresponds to the concepts of the international standard ISO 31000:2009 "Risk management".

Based on the results of the research, the organizational and economic perspectives of the use the anolyte in the livestock and meat and dairy industries of the Republic of Belarus were substantiated, with the prospect of using the drug and in disinfection in other areas of the economy, as unification of the characteristics disinfectants was increased, object-oriented localization was provided when using the key resource for creating such product.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕЗИНФЕКТАНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ХИМИЧЕСКИМ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ СПОСОБАМИ

Д. Д. Жерносеков, В. В. Сакович, В. Н. Штепа

Полесский государственный университет

Н. А. Заец

Национальный университет пищевых технологий

В статье проанализированы характеристики дезинфицирующих средств, используемых в мясомолочной промышленности Республики Беларусь. Рассмотрены перспективы внедрения новых дезинфектантов и способов применения с целью улучшения технико-экономических показателей процессов дезинфекции. Обоснована и создана методика экспериментального сравнения эффективности обработки поверхностей после контакта с мясным фаршем и молоком путём использования дезинфектантов, созданных химическим и электрохимическим способами. Данные препараты исследовались на основе разработанных последовательностей.

Экспериментальным путём установлено, что средство, полученное на основе электрохимических процессов (анолит), обладало большей эффективностью по сравнению с химически созданным аналогом по санитарно-бактериологическим показателям и антибактериальной активности. При проведении исследований акцентировано внимание на имитации производственных условий использования дезинфектантов, которые выходят за рамки их штатного применения, но могут иметь место при чрезвычайных ситуациях на промышленных объектах, что соответствует концепциям международного стандарта ISO 31000:2009 «Менеджмент рисков».

Исходя из результатов исследований, обоснованы организационно-экономические перспективы использования анолита в животноводстве и мясомолочной промышленности с перспективой применения препарата и при дезинфекции в других областях народного хозяйства, поскольку повышается унификация характеристик дезинфектантов, обеспечивается объектно-ориентированная локализация при использовании только электроэнергии в качестве ключевого ресурса создания такого продукта.

Ключевые слова: *дезинфектант, обеззараживание, ветеринария, санитария и гигиена.*

Постановка проблемы. В соответствии с Госпрограммой развития аграрного бизнеса Беларуси на 2016—2020 годы экспорт молока и молочных продуктов прогнозируется в объеме 5,8 млн т, мяса и мясных продуктов — 376 тыс. т в год [1]. При этом статистические данные ООН по торговле товарами на протяжении целого ряда лет свидетельствуют, что Беларусь стабильно занимает лидирующие места в мировом списке крупнейших экспортеров сыворожки, сливочного масла, сыров,

твороба и сухого обезжиренного молока. Однако такая производственная интенсивность требует создание качественных условий для производства и переработки продукции животноводства в соответствии с технологическими требованиями и обеспечением соответствующих санитарно-гигиенических и экологических норм [1—3]. Именно поэтому необходимо использовать действенные методы и способы дезинфекции и обеззараживания технологического оборудования, помещений и отходов для снижения риска перекрестного заражения выпускаемой продукции. В ином случае увеличение поголовья, продуктивности животных и объёмов перерабатываемой продукции могут сдерживать ряд факторов, среди которых значительное место занимают болезни, в том числе обусловленные условно-патогенной микрофлорой, которая в последние годы играет значительную роль в заболевании животных.

В целях обеспечения стабильного ветеринарного благополучия животноводства, санитарно-гигиенических норм пищевых предприятий и охраны здоровья населения используются специальные средства дезинфекции, к которым выдвигается целый комплекс технолого-экономических требований [2; 3]:

- безопасность для здоровья человека и животных, малая токсичность (3, 4-й класс токсичности рабочих растворов);
- широкий спектр антимикробной активности;
- многофункциональность и удобство применения;
- безопасность обрабатываемых объектов;
- длительный срок рабочих растворов;
- доступность по стоимости.

Такая ситуация требует научно-обоснованного подхода к выбору номенклатуры дезинфектантов и методики их практического применения. Именно поэтому исследования использования существующих и перспективных средств дезинфекции на основе критического анализа их технолого-экономических характеристик является актуальной научно-практической задачей.

При этом в современных условиях резко возрастают требования к безопасности и устойчивости функционирования объектов пищевой промышленности, которые определяются ростом негативного влияния техногенных аварий и катастроф на производства [1]. Статистика свидетельствует, что в последние годы материальные потери в результате чрезвычайных ситуаций ежегодно возрастают на 10—30%, создавая объективные предпосылки обязательности их учёта при использовании дезинфектантов (в контексте положений ISO 31000:2009 «Менеджмент рисков»).

Анализ последних исследований и публикаций. Современные дезинфектанты представляют собой индивидуальные химические соединения или композиционные составы, включающие несколько действующих веществ. Кроме того, в их состав часто входят различные функциональные компоненты: ингибиторы коррозии, красители, отдушки, стабилизаторы, загустители [4; 5].

При проведении дезинфекции применяются средства на основе формальдегида, хлора, глутарового альдегида, йодсодержащих препаратов, органических кислот и других соединений [4; 6]. В настоящее время для обеззараживания

поверхностей в помещениях (например, пол, стены, двери) и оборудования получают широкое применение дезинфицирующие средства на основе перекиси водорода. Это связано с заменой формальдегидсодержащих препаратов по причине их экологической и санитарно-гигиенической опасности [7]. Широкое распространение в качестве действующих веществ получили четвертичные аммониевые соединения (ЧАС), альдегиды и кислородсодержащие препараты [8].

Важной проблемой дезинфекции являются экологические последствия при её проведении. Неблагоприятное воздействие используемых дезинфицирующих средств на организм человека остаются определяющими при оценке экологической ситуации; другим фактором является технологическая простота и дешевизна утилизации продуктов использования таких препаратов. Кроме того, длительное использование одних и тех же дезинфицирующих средств неизбежно приводит к возникновению явления резистентности вирусов и бактерий. Поэтому в последнее десятилетие разрабатываются и применяются новые высокоэффективные препараты, так называемые дезинфектанты нового поколения — нетоксичные, некоррозийные, без резкого запаха и удобные в использовании [9].

Кроме самих средств, в настоящее время разработаны и широко внедряются в промышленность методы и способы использования дезинфектантов [4—11]. Однако каждый из них, наряду с эффективностью, не лишен определенных недостатков, например: при влажном методе дезинфекции путем орошения обрабатываемых поверхностей имеет место значительный расход дезинфицирующих веществ и воды, трудоемкость процесса, плохая смачиваемость поверхностей и различных материалов; аэрозольная дезинфекция действенна для обеззараживания воздуха и недостаточно эффективна для различных поверхностей, при этом способе дезинфекции нужна полная герметизация помещений, чего в практических условиях достичь весьма трудно.

Вышеуказанные и другие объективные причины обосновывают и дают объективные предпосылки для поиска методов, форм и средств дезинфекции для практического использования в промышленных животноводстве и переработке пищевых продуктов с учётом потенциального действия чрезвычайных ситуаций.

Цель исследований: определение и сравнение эффективности использования для обеззараживания технологических поверхностей химически и электрохимически созданных дезинфектантов.

Методы и материалы. В качестве химически созданного дезинфектанта (ХСД) использовался сертифицированный препарат с действующими веществами (ДВ): перекись водорода и четвертичные аммонийные соединения (ЧАС). Также в его состав входят: вода — 30—40%; перекись водорода — 5—15%; алкилдиметилбензиламмоний хлорид 5—15%; амфотерный ПАВ — <5%. При обработке использовался 1% раствор этого ХСД.

Электрохимически созданный дезинфектант (ЭСД), также прошедший соответствующую сертификацию, содержит высокоактивные кислородные соединения хлора и другие оксиданты в виде пероксидных и гидропероксидных соединений, т.е. смесь высокоактивных метастабильных (электрохимически активированных) оксидантов (анолит кислый).

Методика проведения исследований:

- замешивание свежего (не более суточной выдержки) говяжьего фарша в ёмкостях из нержавеющей стали — имитация чрезвычайной ситуации на производстве, например, куттера мясокомбината;

- выдержка фарша в ёмкости при комнатной температуре (+20°C — +22°C) на протяжении 8 часов (протяжённость смены на предприятиях, с учётом возможности поломки оборудования);

- промывка ёмкостей горячей водой (температура — +50°C — +55°C) и механическая очистка поверхностей контактирующих с фаршем;

- обработка одной ёмкостей ХДС и, соответственно, другой — ЭСД способом погружения с экспозицией 15 мин; третья ёмкость после промывки горячей водой использовалась в качестве контрольной.

Такая же последовательность использовалась и обработке ёмкостей после хранения в них на протяжении 8 часов молока жирностью 3,2% — потенциальное действие чрезвычайной ситуации имитируется на основе того, что молоко в штатном режиме не пребывает такой долгий промежуток времени в ёмкости без реализации технологических операций, соответственно дозы и методика использования дезинфектантов не предусматривают противодействия последствиям такой ситуации (аналогично и для методики исследований дезинфекции при мясопереработке).

При плановом санитарно-бактериологическом контроле предприятий пищевой промышленности подлежат исследованию:

- количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) — (общее количество микробов);

- количество бактерий группы кишечных палочек (БГКП);

- коагулазоположительные стафилококки (*Staphylococcus aureus*);

- количество сульфитредуцирующих клостридий;

- бактерии рода *Salmonella*.

Смывы с оборудования производились в соответствии с ГОСТ. Для этого с помощью увлажненных стерильных ватных тампонов на пластмассовых палочках в каждую пробирку с тампоном наливалось по 5 см³ стерильного физиологического раствора, при этом тампон оставался над жидкостью, не касаясь ее. Перед взятием смыва тампон погружали в жидкость. После взятия смыва тампон вновь погружали в пробирку со стерильной жидкостью, встряхивали и давали отстояться 2—3 минуты.

Определение КМАФАнМ в колбасных и мясных изделий производили в соответствии с ГОСТ 10444.15 [12]. Для этого по 1 см³ смывной жидкости вносили в две параллельные чашки Петри, заливали расплавленным и остуженным до 45°C мясопептонным агаром (15—20 см³), размешивали. После застывания агара чашки переворачивали и помещали в термостат при температуре 30°C на 72 часа. Предварительный учет колоний проводили через 48 ч, окончательный через 72 часа. Подсчитывали среднее арифметическое количество колоний, выросших на двух чашках, и умножали на 10 для определения количества бактерий, содержащихся на поверхности исследуемого предмета.

Определение БГКП производили в соответствии с ГОСТ 31747 [16]. Для выявления БГКП в пробирки с 5 см³ среды КОДА вносили по 5 см³ смывной жидкости. Посевы термостатировали при 37°C в течение 20 часов. Для окон-

чательного заключения о присутствии в продукте БГКП проводили высев смывной жидкости в чашки Петри со средой и помещали в термостат при 37°C на 20 часов.

Определение *Staphylococcus aureus* производили в соответствии с ГОСТ 31746 [15]. С этой целью из смывной жидкости производили посева на молочно-солевой агар для выявления пигмента и желточно-солевой агар для выявления лецитиназной активности. Посевы термостатировали 24 часа при температуре 36°C в течение 20 часов.

Выявление сульфитредуцирующих клостридий производили в соответствии с ГОСТ 29185 [13]. Для выявления сульфитредуцирующих клостридий 1 см³ смывной жидкости стерильной пипеткой вносили в пробирку с 9 см³ среды Вильсона-Блера. Затем проводили последовательные пересевы на аналогичные объемы среды и получали возрастающие десятикратные разведения суспензии. Инкубация при 37°C длилась 20 часов.

Определение патогенной микрофлоры, в том числе сальмонеллы и листерии производили в соответствии с ГОСТ 10444.13 [14]. Проводили посева на среду *Salmonella-Shigella Agar*. Посевы инкубировали 20 ч при температуре 37°C.

Определение *Bacillus cereus* производили в соответствии с ГОСТ 10444.8-88 [17]. Посевы проводили поверхностным методом, термостатировали при (30±1)°C в течение 24 часов.

Определение дрожжей и плесневых грибов производили в соответствии с ГОСТ 10444.12-88 [18]. Посевы заливают расплавленной и охлажденной до температуры (45±1)°C средой и термостатируют при температуре (24±1)°C в течение 5 суток.

Определение бактерий родов *Proteus*, *Morganella*, *Providencia* производили в соответствии с ГОСТ 10444.12-88 [19]. Посевы делают по 1,0 см в жидкую селективную питательную среду. Посевы инкубируют при (36±1)°C в течение 48 часов.

Определение бактерий родов *Enterococcus* производили в соответствии с ГОСТ 28566-90 [20]. Посевы производят на поверхность предварительно подсушенной агаризованной питательной среды, и инкубируют при (37±1)°C в течение 24—48 ч, через 24 часа проводят предварительный учет результатов, через 48 ч — окончательный.

Антибактериальную активность определяли, используя методику дисковой диффузии [Perez C., 1990]. Использовались следующие штаммы штамм бактерий: *Streptococcus pneumoniae*; *Escherichia coli* 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027. Эксперимент проводили при температуре 37 °C в течение 24 часов. После инкубационного периода измерялись зоны ингибирования. Диаметр зоны ингибирования измеряли под тремя разными углами, и было взято среднее значение этих измерений. Антибактериальную активность регистрировали, когда зона ингибирования была больше 6 мм.

Результаты исследований. *Мясная промышленность.* Результаты микробиологических исследований представлены в табл. 1. После промывки горячей водой технологических поверхностей обнаружены колонии БПК (22) и *S. aureus* (1,1×10²). КМАФАнМ, представленные как количество колониеобразующих

единиц на грамм массы, находятся в пределах $3,4 \times 10^5$. Это выходит за допустимые нормы и свидетельствует о недостаточной санитарно-микробиологической обработке оборудования. Также обнаружены колонии дрожжевых и плесневых грибов (14), что является результатом недостаточной обработки поверхностей.

Результаты микробиологических исследований смывов с оборудования показали, что после обработки ЭСД оборудование не обсеменено ни БГКП (колиформы), ни патогенной микрофлорой, в том числе сальмонеллами и листериями, ни сульфитредуцирующими клостридиями, ни *S. aureus*, *Bacillus cereus*, *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*, ни энтерококками, ни дрожжами и плесневыми грибами. КМАФАнМ, представленные как количество колониеобразующих единиц (на 1 см^3 смывов), — не обнаружено микроорганизмов в 1 см^3 смывов.

При обработке оборудования ХСД было обнаружено небольшое количество колоний БГКП и *S. aureus*. Это свидетельствует о низких санитарных нормах. КМАФАнМ, представленные как количество колониеобразующих единиц на грамм массы, находятся в пределах $1,8 \times 10^2$. Количество микробов 1×10^2 в 1 г (см^3) рассматривается как границы нормы. Исходя из полученных данных, делаем вывод о том, что количество колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 см^3 выходит за пределы нормы. Следовательно, в данном случае границы микробиологической обсемененности оборудования нарушены.

Таблица 1. Результаты микробиологических исследований технологических поверхностей мясной промышленности после различных видов обработки

| Наименование показателя (число колоний) | Наименование продуктов | | | |
|---|------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| | Норма | Вода | ХСД | ЭСД |
| КМАФАнМ, КОЕ/г, не более | 1×10^2 | $3,4 \times 10^5$ | $1,8 \times 10^2$ | Не обнаружено |
| БГКП (колиформы) | Не обнаружено | 22 | 13 | Не обнаружено |
| Сульфит-редуцирующие клостридии | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено |
| <i>S. aureus</i> | Не обнаружено | $1,1 \times 10^2$ | 11 | Не обнаружено |
| Патогенные, в т. ч. сальмонеллы и листерии | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено |
| <i>Bacillus cereus</i> | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено |
| Дрожжи и плесневые грибы | Не обнаружено | 14 | 4 | Не обнаружено |
| Бактерий родов <i>Proteus</i> , <i>Morganella</i> , <i>Providencia</i> | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено |
| Энтерококки | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено |

Обработка водой, как и ХСД, не обеспечивает необходимого уровня дезинфекции. Применение ЭСД является эффективным, оно гарантирует соблюдение санитарно-микробиологические норм.

Молочная промышленность. Результаты микробиологических исследований представлены в табл. 2. После промывки горячей водой технологических поверхностей обнаружены колонии БГПК (7), *S. aureus* (9), *Bacillus cereus* (13), дрожжей и плесневых грибов (24). КМАФАнМ, представленные как количество колониеобразующих единиц на грамм массы, находятся в пределах $1,4 \times 10^3$. Это выходит за допустимые нормы и свидетельствует о недостаточной санитарно-микробиологической обработке оборудования.

Таблица 2. Результаты микробиологических исследований технологических поверхностей молочной промышленности после различных видов обработки

| Наименование показателя (число колоний) | Наименование продуктов | | | |
|---|------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| | Норма | Вода | ХСД | ЭСД |
| КМАФАнМ, КОЕ/г, не более | 1×10^2 | $3,4 \times 10^5$ | $1,8 \times 10^2$ | Не обнаружено |
| БГПК (колиформы) | Не обнаружено | 7 | 5 | Не обнаружено |
| Сульфит-редуцирующие клубридии | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено |
| <i>S. aureus</i> | Не обнаружено | 9 | 3 | Не обнаружено |
| Патогенные, в т. ч. сальмонеллы и листерии | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено |
| <i>Bacillus cereus</i> | Не обнаружено | 13 | 11 | Не обнаружено |
| Дрожжи и плесневые грибы | Не обнаружено | 24 | 22 | Не обнаружено |
| Бактерий родов <i>Proteus</i> , <i>Morganella</i> , <i>Providencia</i> | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено |
| Энтерококки | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено | Не обнаружено |

При обработке оборудования ХСД было обнаружено небольшое количество колоний БГПК (5) и *S. aureus* (3), *Bacillus cereus* (11), дрожжей и плесневых грибов (22). Это свидетельствует о низких санитарных нормах. КМАФАнМ, представленные как количество колониеобразующих единиц на грамм массы, находятся в пределах $1,1 \times 10^2$. Количество микробов 1×10^2 в 1 г (см^3) рассматривается как границы нормы. Исходя из полученных данных, делаем вывод о том, что количество колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 см^3 выходит за пределы нормы. Следовательно, в данном случае границы микробиологической обсемененности оборудования не нарушены.

Результаты микробиологических исследований смывов с оборудования показали, что после обработки оборудования ЭСД оно не обсеменено ни БГПК (колиформы), ни патогенной микрофлорой, в том числе сальмонеллами и листериями, ни сульфитредуцирующими клубридиями, ни *S. aureus*, *Bacillus cereus*, *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*, ни энтерококками, ни дрожжами и плесневыми грибами. КМАФАнМ, представленные как количество колониеобразующих единиц (на 1 см^3 смывов), — не обнаружено микроорганизмов в 1 см^3 смывов.

Обработка водой, как и ХСД, не позволила достигнуть необходимого уровня дезинфекции. Использование ЭСД привело к отсутствию бактериальной обсемененности обработанных поверхностей и гарантирует соблюдение санитарно-микробиологические норм.

Фармацевтика. Антимикробную активность агента ЭСД проверялась на штаммах бактерий, которые обладают высокой резистентностью. Данные микроорганизмы являются условно-патогенными и в определенных условиях наносят вред организму человека. Например, синегнойная палочка *Pseudomonas aeruginosa* является самым частым возбудителем нозокомиальной пневмонии и также относится к ведущим возбудителям инфекций мочевыводящих путей и хирургических инфекций. Синегнойная палочка в медицинских учреждениях передается через санузлы, раковины, ручки кранов, а также ею обсеменены плохо продезинфицированные медицинские инструменты и оборудование. ЭСД ингибирует рост *Pseudomonas aeruginosa*, что показано на рис. 1.



Рис. 1. Антимикробная активность ЭСД

ЭСД также подавлял рост *Escherichia coli* и *Streptococcus pneumoniae*. Таким образом, можно рекомендовать использование ЭСД при обработке поверхностей и оборудования в медицинских учреждениях. Это расширяет круг применения препарата ЭСД для бактерий, обладающих высокой резистентностью к антибиотикам.

Организационно-экономические перспективы использования электрохимически созданного дезинфектанта в промышленном животноводстве и пищевой промышленности. На основе подтвержденной эффективности ЭСД целесообразно рассмотреть положительные стороны его практические применения (рис. 2).

Наиболее перспективным аспектом внедрения ЭСД в животноводстве и пищевой промышленности видится использование в качестве главного расходного материала электроэнергии, что актуализируется с запуском генерации электроэнергии от Белорусской атомной электростанции (БелАЭС).

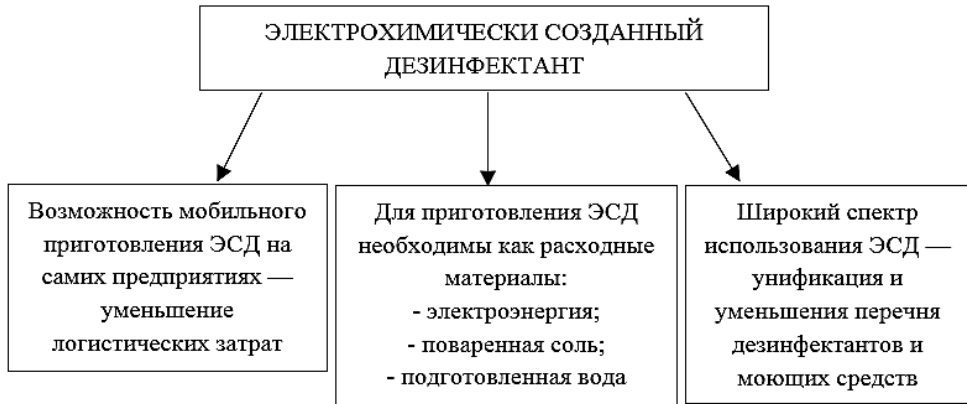


Рис. 2. Положительные аспекты практического использования ЭСД в реальном секторе экономики

Выводы

Стандартная обработка водой не позволяет достигнуть необходимого уровня дезинфекции. Применение химически созданного дезинфектанта приводит к частичному обеззараживанию обрабатываемых поверхностей и не обеспечивает соблюдение санитарно-микробиологические норм для производств мясомолочной промышленности.

В то же время использование электрохимически созданного дезинфектанта обеспечивает отсутствие бактериальной обсемененности обработанных поверхностей и гарантирует соблюдение санитарно-микробиологические норм.

Электрохимически созданный дезинфектант, кроме большей эффективности, с точки зрения организационно-экономических перспектив, имеет ресурсные и логистические преимущества над химическими аналогами при унификации номенклатуры дезинфицирующих и моющих средств.

Анализ результатов исследований демонстрирует, что для реализации положений ISO 31000:2009 «Менеджмент рисков» в сегменте противодействия распространению биологических загрязнителей от объектов пищевой индустрии более обосновано использовать электрохимически созданный дезинфектант.

Литература

1. О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016—2020 годы: постановление Совета Министров Респ. 11 марта 2016 г., № 196. *Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь*. 2016. № 196. URL: <https://www.mshp.gov.by/programms/a868489390de4373.html> (Дата последнего обращения 25.11.2019).

2. Ветеринарно-санитарные правила по мойке и дезинфекции технологического оборудования и производственных помещений для организаций, осуществляющих убой сельскохозяйственных животных и переработку мяса: постановление Министров сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь 8 ноября 2007 г., № 77. *Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь*. 2007. № 77. URL: <https://mshp.gov.by/documents/technical-acts/adfb8284f3544d38.html> (Дата последнего обращения 25.11.2019).

3. О порядке испытания новых дезинфицирующих средств для ветеринарной практики. Методические указания. М.: Научная мысль. 1987. 90 с.

4. Кабардиев С. Ш., Карпушенко К. А. Основные проблемы и перспективы развития ветеринарной медицины в обеспечении животноводства Прикаспийского региона Российской Федерации. *Ветеринария Прикаспия*. 2010. № 3(83). С. 55—60.
5. Сироткин И. В. Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. *Техническая санитария*. МВГУ. № 2(12), 2014. С. 33—37.
6. Верещак Н. А., Бейнин Я. Б. Влияние экологических факторов на организм животных. *Ветеринария*. М.: Ветсан. 2007. № 6. С. 38—40.
7. Поляков А. А. Ветеринарная дезинфекция. М.: Колос 1975, 550 с.
8. Опарин П. С. Тюрнева Н. А., Шептунов С. И., Опарина Т. П., Антонива Т. А., Панова М. А. Прошлое, настоящее и будущее четвертичных аммониевых соединений. *Дезинфектология на современном этапе*. Иркутск: ВС НЦ СО РАМН. Иркутск, 2003. URL: <http://www.belaseptika.by/index.php/2011-02-02-08-32-54/105-2011-01-31-08-37-18.html> (Дата последнего обращения 08.11.2019).
9. Гончаров Ф. І., Штепа В. М. Електрохімічні засоби захисту водних джерел від небезпечних речовин в умовах дії надзвичайних ситуацій. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Харків: НТУ «ХПІ». 2010. № 22. С. 55—60.
10. Швецов Б. В., Козырева А. В., Седунов С. Г., Тараскин К. А. Хлорные дезинфектанты и их применение в современной водоподготовке. *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. М.: Интеграл. 2009. № 3 С. 98—121.
11. Штепа В. М. Оцінка енергетичних характеристик процесів очищення стічних вод агропромислових підприємств електротехнічними комплексами. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Київ: НУБіПУ. 2014. № 194, ч. 3. С. 259—265.
12. Межгосударственный стандарт ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов». Введ. 01.01.96. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т. стандартизации и сертификации, 2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200022648> (Дата последнего обращения 25.11.2019).
13. Межгосударственный стандарт ГОСТ 29185-91 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества сульфитредуцирующих клостридий». Введ. 01.01.93. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т. стандартизации и сертификации, 2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200021150> (Дата последнего обращения 25.11.2019).
14. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31659-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления бактерий рода *Salmonella*». Введ. 01.07.2013. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т. стандартизации и сертификации, 2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-31659-2012> (Дата последнего обращения 25.11.2019).
15. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31746-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*». Введ. 01.07.2013. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т. стандартизации и сертификации, 2010. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/52930/> (Дата последнего обращения 25.11.2019).
16. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31747-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)». Введ. 01.07.2013. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т. стандартизации и сертификации, 2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200098583> (Дата последнего обращения 8.11.2019).
17. Межгосударственный стандарт ГОСТ 10444.8-88 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения бактерий *Bacillus cereus*». Введ. 01.01.2000. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т. стандартизации и сертификации, 2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200021078> (Дата последнего обращения 08.11.2019).

18. Межгосударственный стандарт ГОСТ 10444.12-88 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения дрожжей и плесневых грибов» — Введ. 01.01 2000. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т. стандартизации и сертификации, 2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200021096> (Дата последнего обращения 08.11.2019).

19. Межгосударственный стандарт ГОСТ 28560-90 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения бактерий родов *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*». Введ. 03.07. 2000. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т. стандартизации и сертификации, 2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200021141> (Дата последнего обращения 08.11.2019).

20. Межгосударственный стандарт ГОСТ 10444.12-88 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения бактерий родов *Enterococcus*». Введ. 03.07. 2000. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т. Стандартизации и сертификации, 2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200021143> (Дата последнего обращения 08.11.2019).

NUTRITION FOR WELL-BEING WITHIN THE CONTEXT OF FOOD SECURITY IN UKRAINE

O. Shevchenko, G. Simakhina, A. Shevchenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Food security
Food industry
Nutrition for well-being
Quality and safety of
foodstuffs*

Article history:

Received 11.11.2020
Received in revised form
26.11.2020
Accepted 09.12.2020

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The authors of the article examined the general problems of food security in Ukraine, having based on literary data and the results of their own researches. They juxtaposed the opinions of various Ukrainian and foreign academicians, concerning the definition of a term “food security” and its main constituents. Besides, the authors overviewed the actual approaches to the analysis of the state of food security in Ukraine, elucidated the positive tendencies of stabilization of this essential part of national security, and also confirmed the main disadvantages to be eliminated in the near future.

The authors proposed to expand the notion of food security, considering the terms “nutritional safety” and “food safety”, which would allow characterizing the foodstuffs from qualitative and quantitative points of view. Particularly, it would be relevant for the novelty trend of food industry, such as foodstuffs for well-being.

There was given a brief chronology of initiation and further development of a movement known as “food security” that has in time become the essential part of national security, owing to the fact that it is not only the internal constituent of the state independence, but also the important external factor to affirm the economical strength of a country.

The attention was accented at the necessity to form the principally new trend of Ukrainian food industry development, which is the design and production of foodstuffs for well-being that are defined as “good for health” on the world market. Having based on the previously confirmed interconnections between the nutritional structure, quality, and the state of human health, the authors proved the main tasks to up-to-date national food industry. Providing that Ukraine fulfills them successfully, it will further go into the level of the world’s leading countries in production and consumption of foodstuffs with wellness, preventive and curative destinations. As the factor to promote the food security of Ukraine, developing the industry of foods for well-being gains far more strategic importance and priority among the other branches of food industry.

ОЗДОРОВЧЕ ХАРЧУВАННЯ В КОНТЕКСТІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ

О. Ю. Шевченко, Г. О. Сімахіна, А. О. Шевченко
Національний університет харчових технологій

У статті на основі літературних даних і власних досліджень розглянуто загальні питання продовольчої безпеки в Україні. Зіставлено погляди різних вітчизняних і зарубіжних науковців на тлумачення терміна «продовольча безпека» та її основних складників. Розглянуто існуючі підходи до аналізу стану продовольчої безпеки в Україні, з'ясовано позитивні тенденції у стабілізації цієї важливої складової національної безпеки, а також констатовано основні недоліки, які необхідно найближчим часом усунути.

Поняття «продовольча безпека» запропоновано розширити за рахунок понять «безпека харчування» та «безпека харчових продуктів», що надає можливість усебічної якісної та кількісної характеристики харчової продукції, особливо сучасного напрямку її виробництва — продукції для здорового харчування.

Наведено коротку хронологію започаткування та розвитку руху, який отримав назву «продовольча безпека», що з часом цілком обґрунтовано стала важливою складовою національної безпеки, оскільки це не лише внутрішня складова незалежності держави, а й важливий зовнішній чинник, що свідчить про економічну міць країни.

Акцентовано увагу на необхідності формування принципово нового напрямку розвитку харчової промисловості України — розроблення та виробництво продуктів для здорового харчування, яке на світовому ринку позиціонується як «корисне для здоров'я». На основі констатованого взаємозв'язку між структурою, якістю харчування та станом здоров'я людини обґрунтовано основні завдання, які постали перед сучасною вітчизняною промисловістю для виходу України на рівень провідних країн світу з виробництва та споживання продуктів оздоровчого, профілактичного й лікувального харчування. Забезпечуючи продовольчу безпеку країни, розвиток індустрії здорового харчування набуває стратегічної важливості та пріоритетності серед інших галузей харчової промисловості.

Ключові слова: продовольча безпека, харчова промисловість, здорове харчування, якість і безпека харчових продуктів.

Постановка проблеми. Продовольча безпека є одним із найважливіших видів національної безпеки і співвідноситься із загальним поняттям продовольчого забезпечення. Аналіз існуючих трактувань дає змогу стверджувати, що поняття продовольчої безпеки різняться залежно від внутрішньої політики в країні та соціально-економічних засад, які зумовлюють рівень життя людей. Однак головним залишається висновок: рівень продовольчої безпеки є пріоритетною складовою системи виміру найважливіших параметрів економіки країни, які відображають її стан і є складовими національної та регіональних програм соціально-економічного розвитку.

Фахівці констатують ряд недоліків у продовольчому забезпеченні населення. З одного боку, відповідно до чинного законодавства продовольча безпека — це захищеність життєвих інтересів людини, яка виражається у гарантуванні державою безперешкодного економічного доступу людини до харчових продуктів. Саме держава має гарантувати громадянам реалізацію права на повноцінне харчування. З другого ж, незважаючи на величезні зусилля українських аграріїв, нестабільність забезпечення підприємств харчової промисловості сировинними ресурсами в необхідних обсягах і належної якості є реальною загрозою продовольчій безпеці. Крім того, наразі триває особливо важливий і складний процес входження вітчизняної економіки у світовий економічний простір, на який накладається військове протистояння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальні проблеми продовольчої безпеки та завдання агропромислового комплексу розглядаються в працях багатьох вітчизняних учених: А. А. Бабенка, П. П. Борщевського, О. М. Крупи, В. М. Гейця, Г. М. Калетніка, Г. О. Кундєєвої, Т. Л. Мостенської, Б. Л. Панасюка, Б. Й. Пасхавера, П. Т. Саблука, М. П. Сичевського та багатьох інших. Автори зазначають, що формування стратегії національної продовольчої безпеки як здатності держави гарантувати й забезпечувати потреби людей у якісних, безпечних продуктах і в необхідній кількості, має здійснюватись з урахуванням економічної складової вітчизняного сільськогосподарського виробництва, наявності дієвої системи контролю за якістю сировини та отриманої з неї продукції, оскільки до 95% токсичних сполук потрапляють в організм людини саме з харчовими продуктами.

Характеризуючи стан продовольчої безпеки в Україні, автори висловлюють також ряд критичних зауважень. Варто зупинитись на кількох із них. Так, в офіційних державних документах [1; 2] йдеться про важливість продовольчого забезпечення населення, порушується навіть питання про якість харчування, однак чіткого тлумачення, що мається на увазі під терміном «якість харчування», немає. Наприклад, у черговій Постанові Кабміну України [2], де наводиться методика визначення основних індикаторів продовольчої безпеки, тобто тих орієнтирів розвитку, які визначають межу негативних процесів у країні, подаючи сигнали учасникам ринку щодо можливих несприятливих сфер, зниження рівня національної безпеки, проблема якості продуктів розглядається лише в загальному вигляді як структура набору продуктів та їхній склад.

Разом з тим, від безпеки, якості та ефективності харчових продуктів безпосередньо залежить стан здоров'я населення, тривалість життя громадян, активне творче довголіття [3; 4]. Ця ж тріада «якість, безпека, ефективність» визначає основні принципи харчування XXI століття.

Незважаючи на різні підходи до трактування і розуміння проблем продовольчої безпеки, автори одностайні в одному — ключовим завданням у сфері економічної безпеки держави на теперішній час є вирішення питань, від яких залежить продовольча безпека країни, недопущення експансії неякісних імпортованих харчових продуктів та продовольчої сировини, налагодження випуску вітчизняними виробниками якісних продуктів у необхідних кількостях.

Тому метою цієї статті є комплексне дослідження й аналіз сучасних поглядів вітчизняних і зарубіжних науковців на проблему продовольчої безпеки, виокремлення нових її складників і, відповідно до цього, формулювання пріоритетних завдань, які постають перед харчовою промисловістю України для реалізації вимог продовольчої безпеки, в тому числі з точки зору здорового харчування.

Викладення основних результатів дослідження. З нашої точки зору, у понятті «продовольча безпека» необхідними складниками мають бути «безпека харчування» та «безпека харчових продуктів».

Для нашої країни таке розширене поняття продовольчої безпеки є особливо важливим як з точки зору національного здоров'я, так і з позицій підписаної Угоди про асоціацію України з ЄС, можливістю виходу на зарубіжні товарні ринки, посиленням конкуренції на внутрішньому продовольчому ринку.

Безпека харчування — це аналог поняття «харчова цінність продукту», тобто сукупний показник усієї повноти корисних властивостей харчового продукту (білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних елементів), включаючи ступінь забезпечення фізіологічних потреб організму людини в основних нутрієнтах, енергії, а також органолептичні властивості. Визначається хімічним складом продукту з урахуванням його споживання відповідно до науково обґрунтованих норм [5]. У сучасній термінології харчових виробництв використовується ще один термін з подібними характеристиками продукції — якість харчових продуктів. Тобто всі ці три поняття практично ідентичні.

Поняття «безпека харчових продуктів» характеризує харчову продукцію з іншого боку, зважаючи на те, що до її складу можуть входити не лише корисні речовини, а й антихарчові сполуки, різноманітні контамінанти, зокрема канцерогени, які можуть стати летальними для організму людини. Парадоксальний факт — до 95% шкідливих сполук надходить в організм людини саме з харчовими продуктами. Тому поняття «безпека харчових продуктів» не менш важливе, ніж їхня якість або харчова цінність, оскільки вона свідчить про відсутність токсичного, канцерогенного, мутагенного або іншого шкідливого впливу компонентів харчових продуктів на організм людини при споживанні в загальновизнаних кількостях. Гарантується встановленням і дотриманням регламентованого рівня вмісту забруднювачів хімічного, біологічного або природного походження [5].

На жаль, в Україні в останні роки відсутній контроль якості харчових продуктів, їхньої безпеки для споживачів; у надмірних кількостях застосовуються шкідливі харчові добавки, наприклад, підсолоджувач аспартам. Американські вчені вже 10 років назад довели, що аспартам є канцерогеном, проте Україна щороку збільшує його закупівлі, переважно в Китаї. І тому цілком справедливо зазначає Л. В. Страшинська [6], що в той час, коли у більшості країн світу забезпечення населення якісними продуктами значно покращилось, в Україні спостерігаються зворотні тенденції. Автор наголошує також на тому, що харчування населення характеризується розбалансованістю раціону на рівні, значно нижчому за науково обґрунтований, а також не відповідає встановленим нормам. І все це при тому, що рівень продовольчого самозабезпечення в Україні досить високий.

Про зниження якості харчових продуктів в Україні і, як результат, погіршення стану здоров'я наших громадян ідеться й у [7]. Основна причина цього, з точки зору автора, в тому, що пріоритетом діяльності великих компаній-товаровиробників продовольства є орієнтація не на задоволення потреб вітчизняного споживача, а на експорт продукції. Нині спостерігається підміна основного гуманітарного пріоритету розвитку українського суспільства, заради якого має здійснюватися інноваційна модернізація економіки, — гарантування продовольчої безпеки і підвищення добробуту населення на інші пріоритети державної політики (та/або великого бізнесу).

Водночас медицина однозначно стверджує, що здоров'я сучасної людини перебуває поза сферою її впливу. Саме роль здорового харчування як дієтичної терапії, адекватного рівневі стану здоров'я і характерові метаболічних порушень в організмі, узгоджується з одним із основних положень фундаментальної медицини, сформульованим М. Семашком: «Профілактика захворювань — загальнодержавна, а не медична проблема» [8].

Тобто в контексті аналізу проблем і стану продовольчої безпеки в Україні зрозуміло, чому автори статті акцентують увагу саме на здоровому харчуванні як засобі уникнути багатьох ризиків, пов'язаних з високою смертністю, передчасним старінням, раннім виникненням хвороб серед нашої молоді тощо. Адже оздоровчі продукти, спеціальні харчові продукти, нутрієнтний склад яких адекватний потребам організму в конкретний період життєдіяльності, здатні формувати нові пристосувальні реакції організму, поліпшувати його адаптаційні можливості, активізувати різноманітні чинники гомеостазу [9]. Саме тому сьогодні здорове харчування є пріоритетом харчових виробництв у багатьох країнах світу; здорове харчування набуло статусу світового тренду; здорове харчування має стати важливою складовою продовольчої безпеки в Україні.

Це підвищує вагомість харчової промисловості в економіці країни і разом з тим значно збільшує її відповідальність за національне здоров'я з точки зору проблемно-орієнтованого підходу до втілення основних принципів харчування XXI століття (якість, ефективність, безпека) та тих позицій, які декларують закони і постанови щодо продовольчої безпеки в Україні.

Які ж основні завдання з цієї точки зору постають перед вітчизняною харчовою промисловістю?

З нашої точки зору, вони формулюються таким чином.

По-перше, це прискорений розвиток індустрії здорового харчування, що в загальнодержавному масштабі України має стати найбільш дієвим, перевіреним світовою практикою способом корегування харчових раціонів відповідно до безпеки харчування та безпеки харчових продуктів, що в категоріях медицини звучить як «дієтологічна допомога населенню» [10].

По-друге, це налагодження випуску продуктів спеціального призначення [11]. Основні їх види — дієтичне лікувальне та дієтичне профілактичне харчування, харчування вагітних жінок, спецконтингентів тощо. З точки зору безпеки харчування промисловість має орієнтуватись на випуск продукції, основним критерієм якої є науково обґрунтований та підтверджений лікувальний або профілактичний ефекти [12].

По-третє, харчові продукти як безпосередній вияв зв'язку людини з природою в багатьох випадках становлять потенційну загрозу для споживачів [13]. Це трапляється у випадках, коли сільськогосподарська сировина містить високі концентрації тих отрутохімікатів, які додавали в ґрунт при її вирощуванні, це неконтрольоване застосування вітчизняними виробниками у харчових технологіях штучних харчових добавок, здебільшого шкідливих для організму людини (наприклад, уже згадуваний аспартам E951), це використання генетично модифікованої сировини, безпеку якої досі не підтверджено.

Тому третє завдання полягає в необхідності змінити ряд стереотипів вітчизняних виробників, а саме: припинити використання у харчових продуктах, особливо для дітей, штучних барвників, ароматизаторів, консервантів, підсолоджувачів, замінивши їх натуральними аналогами, адже багатий рослинний світ України задовольняє будь-яку потребу в них. Таким шляхом зараз іде весь світ [15], і сьогодні на світовому ринку середньорічний приріст натуральних барвників складає майже 13%, а ароматизаторів — понад 9%.

По-четверте, відповідно до вимог основних принципів продовольчої безпеки, здорове харчування має вироблятися у кількостях, достатніх для забезпечення всіх громадян, і частка його з мізерних нинішніх 2...5% має досягти рівня провідних країн, де в раціонах населення понад 60% усього продовольства складають продукти для здорового харчування.

Харчова промисловість повинна опанувати цей принципово новий напрям у продовольчому забезпеченні населення, адже сьогодні харчові продукти розглядаються не лише з точки зору їхньої пластичної та енергетичної функції, а й як індикатори стилю життя, чинники позитивних емоцій (що особливо важливо в екстремальних умовах життєдіяльності), краси, здоров'я, довголіття. Змінюється мотивація і харчова поведінка споживачів — дедалі більше попит на корисні і здорові продукти зі зниженим вмістом цукру, солі, насичених жирів і підвищеними концентраціями есенціальних біокомпонентів. І щоб бути конкурентоспроможною і на вітчизняному, і на зовнішніх ринках харчова промисловість повинна повністю відповідати і сучасним потребам споживачів, і науково обґрунтованим принципам раціонального харчування.

Для запобігання можливих ризиків екстремальних погодних явищ і катаклізмів, екологічних, психоемоційних чинників серед населення, яке проживає в несприятливих умовах; для військовослужбовців у зоні ООС, інших спецконтингентів харчові продукти вітчизняних виробників повинні мати ряд додаткових характеристик [15]:

- компенсувати дефіцит есенціальних нутрієнтів, який виникає під впливом несприятливих чинників довкілля (посилення катаболізму білків, окислення поліненасичених жирних кислот, прискорені витрати вітамінів та інших життєво важливих сполук);

- забезпечувати нормальний перебіг фізіологічних процесів в організмі в умовах бойових дій, підвищених нервово-емоційних та фізичних перенавантажень на тлі нестійких параметрів довкілля, які ставлять життєздатність військовослужбовців практично на межу виживання;

- поліпшувати захисні функції імунної системи організму;

- прискорювати відновлення метаболічних процесів, зберігати босездатність наших бійців як основи національної безпеки.

Сукупність названих властивостей гарантує здатність спеціально розроблених харчових продуктів підвищувати адаптаційні можливості організму, передусім військовослужбовців, в екстремальних умовах життєдіяльності.

Висновки

Науково коректним тлумаченням поняття «продовольча безпека» є його визначення як здатність держави гарантувати за рахунок власного виробництва необхідну кількість продовольства високої якості та безпеки відповідно до раціональних норм споживання.

Зважаючи на світовий тренд здорового харчування, основна частка цієї продукції має припадати на ті харчові продукти, які за своїм біохімічним складом сприяють поліпшенню та підтриманню на належному рівні стану здоров'я споживачів, поліпшують якість їх життя та сприяють активному творчому довголіттю. Таку продукцію реально виробляти у промислових масштабах за рахунок модифікації традиційних продуктів, збагачення харчових основ необхідними інгредієнтами різної функціональної спрямованості, використання сучасних методів перероблення та зберігання сільськогосподарської сировини.

Тому одним із завдань сучасної харчової промисловості України є прискорений розвиток виробництва продуктів для здорового харчування, доведення його обсягів до рівня передових країн світу, досягнення продовольчої безпеки і в цій сфері, що надасть можливість реально втілити сучасну концепцію харчування і її основну тезу: «Харчові продукти XXI століття — це якість, безпека та ефективність». Цей напрям має стати одним із пріоритетних як у науково-дослідній діяльності, так і у виробничих умовах.

Література

1. Про затвердження Концепції поліпшення продовольчого забезпечення та якості харчування населення / Кабінет Міністрів України; Розпорядження, Концепція від 26.05.2004 р., № 332-р. *Офіційний сайт Верховної Ради України*. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua>.
2. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання продовольчої безпеки» від 05.12.2007 р. № 1379, із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 1041 (1041-2011-п) від 12.10.2011. *Офіційний сайт Верховної Ради України*. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua>.
3. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В., Башта А. О. Основи валеології. Оздоровчі аспекти харчування. Київ: Вид-во «Сталь», 2020. 316 с.
4. Эйзлер А. К. Европейское исследование: БАДы, витамины, ГМО, биопродукты. Москва: ЭКСМО, 2016. 432 с. URI: [Litmir.me/br/?b=5569738](http://litmir.me/br/?b=5569738) p = 1 (дата звернення 19.11.2020).
5. Позняковский В. М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза продовольственных товаров. Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 1999. 448 с.
6. Страшинська Л. В. Продовольча безпека України: проблеми та напрями забезпечення. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Т. 24, № 1. С. 49—56.
7. Коваленко О. В. Продовольча безпека в системі пріоритетів інноваційного розвитку. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Т. 21, № 4. С. 99—107.
8. Орлова Т. Г. Теоретические и организационные вопросы стратегии улучшения функционального здоровья. *Тр. междунар. конф. «Наследие Н. К. Рериха»*. Санкт-Петербург, 2005. С. 147—153.

9. Аргументы в пользу инвестиций в общественное здоровье. Краткий доклад по вопросам общественного здравоохранения. Дания: ВОЗ, 2014. 32 с.
10. Здоровье — 2020: основы Европейской политики в поддержку действий всего государства и общества в интересах здоровья и благополучия. Мальта, 2012 (EUR/RCC 82/9). 42 с.
11. План действий в области пищевых продуктов и питания на 2015-2020 гг. Копенгаген, Дания, Европейский региональный комитет, 2014. 24 с.
12. Смирнова Е. А., Саркисян В. А., Кочеткова А. А. Проблемно-ориентированный подход к разработке новых продуктов для коррекции нарушений пищевого статуса. *Пищевая промышленность*. 2013. № 9. С. 8—12.
13. Лейдерман И. Н. Гиперметаболизм. Метаболические основы. *Вестник интенсивной терапии*. 2009. № 3. С. 62—67.
14. Харчові добавки, барвники та консерванти. URL: <https://harchi.info/articles/harchovidobavku-ta-yih-vplyv-na-organizm-lyudyny> (дата звернення 02.12.2020).
15. Українець А. І., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Нові продукти для раціонів військовослужбовців. Київ: Вид-во «Сталь», 2017. 290 с.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF MICROBIAL POLYSACCHARIDES

M. Yarosh, T. Pirog, O. Skrotska

National University of Food Technologies

Key words:

Exopolysaccharides
Antiviral action
Cytotoxic activity
Immunomodulation
Antibiofilm properties

Article history:

Received 13.11.2020
Received in revised form
27.11.2020
Accepted 14.12.2020

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The physicochemical properties of microbial exopolysaccharides (EPS) have been studied for about 50 years. Over the past three years, many publications related to the investigation of the biological properties of microbial EPS appeared. This allows to consider them as potential compounds with medicinal properties. Therefore, the purpose of this review was to analyze the publications of recent years on the antiviral, antitumor, and immunomodulatory effects, as well as the antibiofilm activity of microbial exopolysaccharides.

The antiviral activity of microbial EPS against herpes simplex viruses type I and II, human adenovirus type five, hepatitis A, Coxsackie B-4, rotavirus, and others has been shown. This property was found in the EPS of *Lactobacillus* bacteria genus, which are representatives of the indigenous human microbiota, as well as in the polysaccharides of the thermophilic bacteria *Bacillus licheniformis* and *Geobacillus thermodenitrificans*, and marine *Streptomyces*.

The study on immunomodulatory effect of microbial exopolysaccharides has been initiated. The ability to influence macrophage phagocytic activity, immunoglobulin rates, pro- and anti-inflammatory cytokines is shown for EPS of lactic acid bacteria.

A search for alternative nontoxic to humans inhibitors of bacterial biofilms is a topical issue. This effect was found in the EPS of lactobacilli, cyanobacteria, marine pseudomonads. Depending on the concentration, microbial EPS have shown their efficient use in the study of biofilms of antibiotic-resistant strains of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, and others.

From year to year, the number of people diagnosed with tumors is constantly growing, therefore the studies of identifying the effective anti-cancer compounds are going on. The exopolysaccharides of *Lactobacillus* bacteria genus showed significant antitumor activity. In particular, their efficiency has been shown *in vitro* on stomach, colon, cervical cancers and hepatocellular carcinoma models. There are reports on the antitumor activity of EPS of endophytic fungi of the genera *Chaetomium* and *Fusarium*, thermophilic microalgae of the genus *Graesiella*, basidiomycete fungi of *Scleroderma areolatum*, and marine bacteria of the genus *Bacillus*.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-6-7

БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ МІКРОБНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ

М. Б. Ярош, Т. П. Пирог, О. І. Скроцька

Національний університет харчових технологій

Фізико-хімічні властивості мікробних екзополісахаридів (ЕПС) досліджуються близько 50 років. За останні три роки з'явилась велика кількість публікацій, присвячених вивченню біологічних властивостей мікробних ЕПС. Це дає змогу розглядати їх як потенційні сполуки з лікувальними властивостями. Тому метою пропонованого огляду є аналіз публікацій останніх років щодо противірусної, протипухлинної та імуномодуючої дії, а також антибіоплівкової активності мікробних екзополісахаридів.

Досліджено противирусну активність мікробних ЕПС стосовно вірусів простого герпесу I і II типу, аденовірусу людини n'ятого типу, гепатиту А, вірусу Коксаки В-4, ротавірусу тощо. Таку властивість виявили ЕПС бактерій роду *Lactobacillus*, що є представниками нормальної мікробіоти людини, а також полісахариди термофільних бактерій *Bacillus licheniformis* та *Geobacillus thermodenitrificans* і морських стрептоміцетів.

Розпочато дослідження зі встановлення імуномодуючої дії мікробних екзополісахаридів. Здатність впливати на фагоцитарну активність макрофагів, рівні імуноглобулінів, протизапальних цитокінів показано для ЕПС молочнокислих бактерій.

Актуальним є пошук альтернативних, нетоксичних для людини інгібіторів формування бактеріальних біоплівок. Саме таку дію виявлено у ЕПС лактобактерій, ціанобактерій, морських псевдомонад. Залежно від концентрації мікробні ЕПС показали ефективність їх використання при дослідженні біоплівок стійких до антибіотиків штамів *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* та інших.

З року в рік невпинно зростає кількість людей, у яких діагностують пухлинні утворення, тому не припиняються дослідження з виявлення дієвих протиракових сполук. Значну протипухлинну активність демонструють екзополісахариди бактерій роду *Lactobacillus*. Зокрема, доведено їхню ефективність *in vitro* на моделі раку шлунку, товстого кишечника, шийки матки та гепатоцелюлярної карциноми. Є повідомлення щодо протипухлинної активності ЕПС ендоефітних грибів родів *Chaetomium* та *Fusarium*, термофільних мікрободоростей роду *Graesiella*, базидіомицетних грибів *Scleroderma areolatum*, морських бактерій роду *Bacillus*.

Ключові слова: екзополісахариди, антивірусна дія, цитотоксична активність, імуномодуляція, антибіоплівкові властивості.

Постановка проблеми. Мікробні екзополісахариди (ЕПС) вивчаються близько 50 років. Такі фізико-хімічні властивості ЕПС, як суспендування, флокулювання, емульгування та гелеутворення, здатність до зміни реологічних характеристик водних систем широко використовують у різних галузях промисловості — у нафто- та гірничодобувній, харчовій, парфумерній, хімічній, текстильній, а також у сільському господарстві [1].

Вказані властивості дають змогу використовувати ЕПС в медицині та фармацевтичній галузі. Так, перші клінічні випробування були проведені з використанням розчину декстрану, який застосовують і донині як гемодинамічний засіб для відновлення об'єму циркулюючої крові. Пізніше мікробні ЕПС почали використовувати як допоміжні речовини у виробництві лікарських засобів. Наприклад, пулулан — у покриттях таблеток, ксантан — для стабілізації різних суспензій, гелан — як дезінтегруючу речовину в таблетках [2].

В останні роки стали з'являтися публікації, присвячені дослідженню біологічних активностей мікробних ЕПС, які дають змогу розглядати їх як потенційні сполуки з лікувальними властивостями. Тому **метою цього огляду** є аналіз публікацій останніх років щодо противірусної, протипухлинної та імуномодуючої дії, а також антибіоплівкової активності мікробних екзополісахаридів.

Викладення основних результатів дослідження. *Противірусна активність.* Багато вірусних інфекцій призводять до летальних наслідків, тому надзвичайно актуальною є розробка та пошук ефективних противірусних сполук. З моменту реєстрації та дозволу на використання першого противірусного препарату ідоксуридину в червні 1963 року розпочалась ера розробки засобів для лікування вірусних інфекцій. Однак досі не існує ефективних противірусних препаратів для більш ніж 200 поширених інфекційних захворювань [3].

Низька ефективність уже відомих традиційних методів терапії вірусних інфекцій вказує на необхідність пошуку нових препаратів, які б не тільки активували імунну систему, але й вибірково впливали б на різні етапи внутрішньоклітинної реплікації вірусів. Тому в багатьох країнах проводяться дослідження противірусних властивостей різних сполук, серед яких важлива роль відводиться саме мікробним полісахаридам [4—9].

Gugliandolo зі співав. з гідротермічних кратерів зниклих вулканів (Еолійський архіпелаг, Тірренське море, Італія) виділили термофільні бактерії *Bacillus licheniformis* В3-15, *Geobacillus thermodenitrificans* В3-72, *B. licheniformis* Т14 і встановили їхню здатність до синтезу ЕПС з противірусними та імуномодуючими властивостями. Автори показали, що при додаванні розчинів полісахаридів (300 мкг/мл) до інфікованих вірусом простого герпесу II типу (HSV-2) мононуклеарних клітин периферичної крові людини спостерігається синтез таких цитокінів, як інтерферони (IFN- γ , IFN- α), фактор некрозу пухлин (TNF- α) та інтерлейкінів (IL-12, IL-18), що в подальшому призводить до зупинки реплікації вірусу. Варто зазначити, що найвищий рівень цитокінів і найкраща противірусна активність спостерігались за використанням полісахариду, синтезованого штамом В3-15, що може бути зумовлено манопіранозидною конфігурацією цукрів цього ЕПС [4].

З донних осадів Середземного моря Північного узбережжя Єгипту Awady з колегами виділили бактерії *Streptomyces hirsutus* NRC2018, які синтезували ЕПС з антивірусною активністю проти гепатиту А, Коксаки В-4 та вірусу простого герпесу I типу (HSV-1). Встановлено, що за концентрації ЕПС 125 мкг/мл противірусна активність *in vitro* до зазначених інфекційних агентів становила 20,3%, 45,4% та 84,9% відповідно. Дослідники припускають, що антивірусна дія цього полісахариду обумовлена наявністю в його складі глюкуронових і галактурованих груп, які запобігають адсорбції та взаємодії вірусу з глікопротеїнами через

імітацію гепарансульфатних протеогліканів (HSPG) — сигнальних корецепторів клітин [5].

В останні роки, при вивченні взаємозв'язку між мікробіотою людини та хворобами велику увагу приділяють дослідженню здатності пробіотичних культур бактерій стимулювати імунну систему не лише здорових людей, а й тих, які мають велику кількість різних захворювань. Хоча переваги вакцин і противірусних препаратів для профілактики та лікування інфекційних захворювань очевидні, їхня ефективність знижується через високу швидкість мутації вірусів, а також наявність великої кількості їх видів та підтипів. Тому досить перспективним є дослідження можливості використання полісахаридів пробіотичних мікроорганізмів для лікування вірусних захворювань [6].

Нещодавно опубліковано працю [7], в якій встановлено противірусну активність ЕПС молочнокислих бактерій родів *Leuconostoc*, *Lactobacillus* і *Pediococcus* (штами не вказані) на моделі HSV-1 *in vitro* з використанням перещеплюваної культури клітин ВНК-21 (фібробласти нирок сирійського хом'яка). Полісахариди *Lactobacillus* sp. у концентрації 750 мкг/мл проявляли віруліцидну активність і на 98% знижували здатність вірусу герпесу до адсорбції на поверхні клітин. При цьому цей показник був на 7 та 12% нижчим при використанні тієї ж концентрації ЕПС *Leuconostoc* sp. та *Pediococcus* sp. відповідно. Також саме полісахариди лактобактерій виявились ефективнішими при їх внесенні до клітин ВНК-21 на різних етапах репродукції HSV-1.

У подальшому вивчали вплив ЕПС синтезованих бактеріями роду *Lactobacillus* sp. (штам не вказаний) на аденовірус людини п'ятого типу (HAdV-5) *in vitro* з використанням перещеплюваної культури клітин MDBK (епітеліальні клітини нирки великої рогатої худоби). Було встановлено здатність досліджуваного полісахариду повністю блокувати розвиток аденовірусної інфекції при його внесенні до моношару інфікованих клітин у концентрації 20 і 100 мкг/мл. Автори зазначають, що такий ефект безпосередньо залежить від моменту внесення розчину ЕПС, оскільки в інфікованій клітині блокується перехід від фази мітотичного циклу S до G2, що і слугує сигналом для синтезу вірусної ДНК та вірусних білків [8].

Виявлено противірусну дію екзополісахаридів *Lactobacillus plantarum* LRCC5310 на моделі ротавірусної інфекції *in vitro* та *in vivo*. ЕПС штаму LRCC5310 показали високу ступінь адгезії до перещеплюваних клітин MA104, що перешкоджало адсорбції на них ротавірусу (HRV). У досліджах *in vivo* з використанням лабораторних мишей, інфікованих HRV, спостерігали зменшення площі враження кишечника та зменшення тривалості гострої діареї, що викликається ротавірусом [9].

Імуномодулююча дія. Метаболіти молочнокислих бактерій позитивно впливають на клітинну та гуморальну ланку імунітету людини. При цьому встановлено, що метаболіти різних штамів бактерій виявляють різні властивості та мають різні механізми дії. Останнім часом активно досліджують мікробні ЕПС, як потенційні імуномодулюючі природні сполуки [10—15].

Є повідомлення про синтез полісахаридів клітинами *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *Streptococcus thermophiles* (штами не вказані) з імуномодулюючою активністю. Дослідження, проведені *in vivo* з використанням лабораторних мишей, показали здатність ЕПС підвищувати фагоцитарну активність і здатність

до фагоцитозу макрофагів перитоніального ексудату. Автори зазначають, що механізм впливу бактеріальних полісахаридів на клітинну ланку імунітету недостатньо вивчений. Вони припускають, що ЕПС розпізнаються специфічними рецепторами, що беруть участь у зв'язуванні антигенів з макрофагами. Саме це й запускає низку реакцій, які викликають проліферацію імунних клітин, їх диференціювання та міграцію, а також фагоцитоз [10].

Показано імуномодулюючу дію полісахаридів *L. delbureckii* subsp. *Bulgarius* (штам не вказаний) на моделі індукованої пухлини у мишей. Після інтраабдомінальних ін'єкцій водних розчинів ЕПС в сироватці крові фіксували зростання рівнів імуноглобулінів IgG, IgA та IgM на 17, 32 та 35% відповідно порівняно з контрольними тваринами, яким не вводили розчин екзополісахаридів. Автори пояснюють імуномодулюючу дію ЕПС *in vivo*, тим що вони поглинаються макрофагами, що й запускає низку реакцій з боку імунної системи [11].

Інші дослідники встановили, що ЕПС *Lactobacillus casei* WXD030 здатні *in vitro* підвищувати проліферацію та фагоцитарну активність, а також індукувати синтез оксиду азоту, TNF- α , IL-1 β , IL-6 при використанні клітин RAW264.7 (мишачі макрофаги). Досліджувані полісахариди також сприяли дозріванню дендритних клітин *in vitro* та *in vivo*. Крім того, автори показали здатність ЕПС штаму WXD030 впливати на підвищення титрів специфічних антитіл до овальбуміну (IgG, IgG1, IgG2a, IgG2b), а також понижувати проліферацію Т-клітин [12].

Вперше виявлено імуномодулюючі властивості екзополісахариду *Lactobacillus fermentum* UCO-979C в досліді *in vivo* на моделі інфекції, спричиненої *Helicobacter pylori*. ЕПС штаму UCO-979C сприяли зниженню рівнів IL-8 і підвищували рівні IL-10 в слизовій оболонці шлунку інфікованих лабораторних тварин. У досліді *in vitro* досліджувані полісахариди знижували продукцію TNF- α , IL-6 та IL-8 в клітинах AGS (епітеліальні клітини аденокарциноми шлунку людини), інфікованих *H. pylori* [13].

Із ферментованого молока були виділені бактерії *Lactobacillus helveticus* LZ-R-5. ЕПС цього штаму проявили імуномодулюючі властивості. При додаванні розчинів полісахаридів (200 мкг/мл) до клітинної лінії RAW 264.7 спостерігали збільшення синтезу таких цитокінів, як TNF- α , IL-6, IL-1 β у 1,3, 1,5 та 1,2 рази відповідно порівняно з контролем (клітини без ЕПС). При цьому максимальний синтез IL-10 фіксували за концентрацій ЕПС 50 та 100 мкг/мл, а при підвищенні концентрації полісахариду від 100 до 400 мкг/мл синтез цього цитокіну зменшувався. Вчені зазначають, що біологічна активність ЕПС зумовлена моносахаридним складом (глюкоза та галактоза) та високою молекулярною масою [14].

Кокки зі співавт. показали здатність ЕПС *B. licheniformis* BioE-BL11 і *Leuconostoc mesenteroides* BioE-LMD18 до імуномодулюючої дії, шляхом впливу на синтез різних цитокінів макрофагами RAW 264.7, що були стимульовані ендотоксинами (LPS). Так, секреція прозапального IL-6 була значно знижена, а продукція протизапального IL-10 значно збільшена. При цьому ЕПС штаму BioE-BL11 були ефективніші у значно нижчих концентраціях (50—200 мкг/мл), ніж ЕПС штаму BioE-LMD18 (1—3 мг/мл) [15].

Інгібітори формування біоплівки. Бактерії, які формують біоплівки в організмі людини можуть викликати інфекційні захворювання. При цьому такі збудники характеризуються стійкістю до антибіотиків та уникають дії імунної системи людини. Варто зазначити, що бактерії біоплівки є причиною понад 80% мікробних інфекцій в організмі людини. Традиційним підходом до запобігання утворення біоплівки *in vitro* є використання біоцидів. Однак бактеріальні біоплівки характеризуються високою стійкістю до підвищених доз традиційних протимікробних засобів. Тому актуальним є пошук альтернативних нетоксичних для людини інгібіторів формування біоплівки [16].

Встановлено, що ЕПС *L. plantarum* WLPL04 за концентрації 500 мкг/мл знижує утворення біоплівки мультирезистентними штамами *Escherichia coli* O1576H7, *Salmonella typhimurium* ATCC13311, *Pseudomonas aeruginosa* CMCC10104 і *Staphylococcus aureus* CMCC26003 на 26, 37, 69 і 57% відповідно. Дослідники припускають, що наявність у структурі ЕПС *L. plantarum* WLPL04 великої кількості галактози, глюкози та N-ацетилгалактозаміну зумовлює антибіоплівкову активність [17].

Показано, що полісахариди *L. plantarum* (штам не вказано) мають властивість інгібувати бактеріальні біоплівки, що формуються патогенними штамами *S. aureus* ATCC 25923, *Listeria monocytogenes* ATCC 19115, *P. aeruginosa* ATCC 33787 та *S. typhimurium* ATCC 901402. Найбільш інгібуючий вплив на біоплівки (50% руйнування) встановлено при використанні ЕПС у концентрації 512 мкг/мл [18].

Нещодавно вийшла публікація, в якій показано здатність екзополісахаридів *Lactobacillus coryniformis* NA-3 руйнувати сформовані біоплівки як грампозитивних (*Bacillus cereus* CICC 21261), так і грамнегативних (*S. typhimurium* CICC 22956/ATCC 14028) бактерій. Незалежно від концентрації ЕПС (30—500 мкг/мл) диспергування біоплівки *B. cereus* склало 90%, а *S. typhimurium* — 20% [19].

Виявлено, що ЕПС синтезовані *Bacillus* spp. (штам не вказано), мають здатність пригнічувати утворення біоплівки *E. coli* ATCC 20835218 на 50% за концентрації 512 мкг/мл. Можливо інгібуюча властивість цього полісахариду зумовлена його впливом на рівень гідрофобності бактеріальної клітини [20].

Є повідомлення про синтез ЕПС ціанобактеріями *Oscillatoria* sp. і *Phormidium* sp. (штами не вказані) з антибіоплівковою активністю щодо *P. aeruginosa* PA14. Показано, що за концентрацій ЕПС 100 мкг/мл та 75 мкг/мл деструкція біоплівки становила 31% та 40% відповідно. Варто зазначити, що полісахарид синтезований *Oscillatoria* sp., зменшує утворення рамноліпідів *P. aeruginosa* PA14, які відповідають за патогенність і синтез біоплівки [21].

Цікавим є дослідження сумісного впливу ЕПС *B. licheniformis* Dabhl з наночастинками оксиду цинку на деструкцію біоплівки *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *P. aeruginosa*, *Proteus vulgaris* та *Candida albicans*. Дослідження антибіоплівкової активності показало, що найбільш ефективна концентрація полісахариду, за якої спостерігався найнижчий ступінь адгезії, становить 75 мкг/мл [22].

З дна Східно-Китайського моря були виділені бактерії *Pseudomonas stutzeri* 273. Показано, що очищені ЕПС цього штаму здатні інгібувати утворення біоплівки *P. aeruginosa* PAO1 та на 80% диспергувати попередньо сформовану у концентрації 0,5 мкг/мл. Досліджувані ЕПС у концентрації 0,1 мкг/мл пригнічували синтез піоціаніну, який індукує утворення біоплівки. У хворих на муковісцидоз *P. aeruginosa* викликає хронічне запалення легень. Тому було вивчено

вплив цього ЕПС на інфіковану псевдомонадами перещеплювану культуру клітин A549 (карцинома легеневого епітелію). Встановлено, що бактерицидна дія ЕПС становила 60—80% незалежно від періоду обробки (після або одночасно з інфікуванням *P. aeruginosa*) та не мала токсичного впливу на епітеліальні клітини [23].

У табл. 1 наведена узагальнена інформація щодо противірусних, імуномодуючих та антибіоплівкових властивостей мікробних екзополісахаридів.

Таблиця 1. Біологічні властивості мікробних екзополісахаридів

| Продуцент | Ефективна концентрація ЕПС, мкг/мл | Біологічна дія | Джерело |
|-----------------------------------|------------------------------------|--|---------|
| <i>B. licheniformis</i> B3-15 | 300 | Противірусна активність (HSV-2) та стимулювання синтезу цитокінів (IFN- γ , IFN- α , TNF- α , IL-12 та IL-18), | [4] |
| <i>S. hirsutus</i> NRC2018 | 125 | Антигерпетична дія (HSV-1) | [5] |
| <i>Lactobacillus</i> sp. | 150 | | [7] |
| <i>Lactobacillus</i> sp. | 100 | Противірусна активність (HAdV-5) | [8] |
| <i>L. plantarum</i> LRCC5310 | 1,95 мкг/мл | Противірусна дія (HRV) | [9] |
| <i>S. thermophiles</i> | 300 | Підвищення фагоцитарної активності | [10] |
| <i>B. licheniformis</i> BioE-BL11 | 200 | Стимуляція синтезу протизапальних і зниження рівнів прозапальних цитокінів | [15] |
| <i>L. casei</i> WXD030 | 500 | Індукція синтезу TNF- α та протизапальних інтерлейкінів IL-1 β , IL-6 | [12] |
| <i>L. helveticus</i> LZ-R-5 | 200 | Підвищення синтезу цитокінів (TNF- α , IL-6, IL-1 β , IL-10) | [14] |
| <i>L. fermentum</i> UCO-979C | 100 | Зниження рівнів прозапального цитокіну IL-8; підвищення рівнів протизапального цитокіну IL-10 | [13] |
| <i>L. plantarum</i> WLPL04 | 500 | Антибіоплівкова активність (<i>E. coli</i> , <i>S. typhimurium</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>S. aureus</i>) | [17] |
| <i>L. plantarum</i> | 512 | Інгібування біоплівки (<i>S. aureus</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>S. typhimurium</i>) | [18] |
| <i>L. coryniformis</i> NA-3 | 30 | Руйнування біоплівок (<i>B. cereus</i> , <i>S. typhimurium</i>) | [19] |
| <i>B. licheniformis</i> Dahb1 | 75 | Антибіоплівкова активність (<i>B. subtilis</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>C. albicans</i>) | [22] |
| <i>Bacillus</i> spp. | 512 | Пригнічення росту біоплівки <i>E. coli</i> | [20] |
| <i>Oscillatoria</i> sp. | 100 | Антибіоплівкова активність по відношенню до <i>P. aeruginosa</i> | [21] |
| <i>P. stutzeri</i> 273 | 0,5 | Інгібування біоплівки <i>P. aeruginosa</i> | [23] |

Противірусна активність. На сьогодні в усьому світі невпинно зростає кількість людей хворих на рак. Так, за підрахунками Всесвітньої організації охорони здоров'я до 2035 р. кількість нових випадків захворювання на рак

зростатиме до 24 мільйонів щороку. Тому актуальним є питання пошуку нових протипухлинних препаратів з мінімальними побічними ефектами. В останні роки в літературі з'явилися повідомлення про антипроліферативну активність екзополісахаридів лактобактерій [24—28], ендоефітних грибів [29—30], одноклітинних водоростей [31-32], базидіоміцетних грибів [33], морських [34] і галотолерантних бактерій [35].

Показано значну антипроліферативну дію мікробного полісахариду *L. helveticus* MB2-1 *in vitro* на моделі раку шлунку людини з використанням клітинної лінії BGC-823. Встановлено, що найбільша протиракова активність досягалась за концентрації ЕПС 600 мкг/мл та збільшувалась з тривалістю інкубації, і через 72 год становила 58%. Необхідно зазначити, що автори працювали із неочищеною та трьома очищеними фракціями ЕПС. При цьому найбільшу протипухлинну дію було виявлено при використанні однієї з очищених фракцій полісахаридів [24].

Нещодавно Tukenmez зі співавт. встановили антипухлинну дію ЕПС лактобактерій *in vitro* на моделі раку товстого кишечника людини, працюючи з перещеплюваною лінією клітин HT-29 (колоректальна аденокарцинома людини). Автори дослідили полісахариди чотирьох штамів *Lactobacillus*: *L. plantarum* GD2, *L. rhamnosus* E9, *L. brevis* LB63, *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* B3. Досліджувані ЕПС у концентрації 400 мкг/мл виявили протиракову активність на моделі HT-29 (71—80%) упродовж 72 год інкубації. При цьому найвищий відсоток індукованого апоптозу (43%) спостерігали при використанні ЕПС штаму B3. Автори відмітили, що антипроліферативні властивості цих езополісахаридів можуть бути пов'язаними із високим вмістом в них манози (більш ніж 50%), а також їх здатністю запускати реакції апоптозу в пухлинних клітинах [25].

Екзополісахариди *Lactobacillus kefir* MSR101 мають протиракову активність *in vitro*. При використанні клітин HT-29 виявлено дозозалежний ефект: при використанні полісахаридів у діапазоні концентрацій 50—400 мкг/мл спостерігали 10—56% інгібування росту пухлинних клітин. Також автори показали, що ЕПС підвищували рівні експресії генів каспазозалежних шляхів апоптозу, що й призводило до лізису ракових клітин [26].

Встановлено здатність ЕПС пробіотичних культур *Lactobacillus paracasei* TD3 та *L. brevis* TD4 впливати на ракові клітини HT-29. При цьому екзополісахариди *L. brevis* проявили більшу антипроліферативну активність, апоптичну індукцію та протиракову активність. Так, при дії ЕПС *L. brevis* на 72 год спостерігали загибель 90% моношару клітин HT-29, а при дії ЕПС *L. paracasei* — 80%. З іншого боку, антипроліферативний та інгібуючий вплив досліджуваних ЕПС на фібробластні клітини L-929 був набагато нижчим, ніж на ракові, що говорить про різний механізм дії даних екзополісахаридів на пухлинні та нормальні клітини [27].

Nguyen з колегами із рослини *Phyllanthus urinaria* виділили ЕПС-синтезуювальні бактерії *Lactobacillus lactis* NCR112. У ході вивчення ЕПС лактобактерій було встановлено їх протиракову активність *in vitro* при використанні перещеплюваних ліній клітин HeLa (рак шийки матки) та HepG2 (гепатоцелюлярна карцинома). Залежно від типу клітин відсоток цитотоксичності при дії екзополісахаридів був різним: для клітин HeLa — 87%, а для HepG2 — 50% [28].

На сьогодні є невелика кількість повідомлень про протипухлинну активність екзополісахаридів ендоефітних грибів. Zhang зі співавтор. вперше з листя ліани

Gynostemma pentaphyllum виділили ендofітні гриби *Chaetomium* sp. JY25. Автори показали антипроліферативну дію ЕПС штаму JY25 на моделі карциноми легеневого епітелію *in vitro*. При дії полісахаридів у концентрації 5 мг/мл через 48 год спостерігали 90% інгібування росту клітин лінії A549 [29].

В іншому дослідженні виявили протипухлинну дію ЕПС *Fusarium* sp. A14, що були виділені з трав'янистої рослини *Fritillaria unibracteata*. Антипроліферативні властивості полісахаридів цих ендofітів досліджували на моделі гепатоцелюлярної карциноми людини з використанням клітин HepG2. При використанні ЕПС у концентрації 1 мг/мл через 24 год спостерігали зменшення проліферації клітин HepG2 на 75% [30].

Trabelsi зі співавт. встановили здатність термофільних мікроводоростей *Graesiella* sp. (штам не вказано) до синтезу позаклітинних полісахаридів з антипроліферативною активністю. Для дослідження були використані дві лінії перещеплюваних клітин — HepG2 та Caco-2 (аденокарцинома товстого кишечника). При цьому за використання ЕПС у концентрації 2,5 мг/мл через 72 год спостерігали інгібування росту клітин Caco-2 на 91%, а для клітин HepG2 цей показник був на 21% меншим. Варто зазначити, що синтезовані *Graesiella* sp. ЕПС за своєю структурою є гетеросульфатованими аніонними полісахаридами, які містять вуглеводи (52%), уронові кислоти (23%), сульфати складних ефірів (11%) та білки (12%). Автори зазначають, що висока протиракова дія притаманна саме сульфатованим полісахаридам, що може бути пов'язано з їх імуномодулюючою активністю [31].

Інші автори виявили протипухлинну активність ЕПС, що синтезуються одноклітинними водоростями *Chlamydomonas reinhardtii* CC-124. У концентрації 0,5 мг/мл досліджувані полісахариди на 95 % інгібували життєздатність пухлинних клітин MDA-MB-231 (рак молочної залози). Автори виявили, що ЕПС *C. reinhardtii* CC-124 індукують структурні пошкодження клітинних мікротрубочок, що може бути одним із можливих механізмів протипухлинної активності [32].

Показано вплив джерела вуглецю при глибинному культивуванні *Scleroderma areolatum* Ehrenb на антипроліферативну активність синтезованих ЕПС на перещеплюваних лініях клітин HepG2 та A549. Встановлено, що максимальне пригнічення росту ракових клітин спостерігалось за використання ЕПС (0,5 мг/мл), отриманих при культивуванні *S. areolatum* на середовищі із фруктозою. При цьому антипроліферативна активність полісахаридів склала 42 і 24% на культурах клітин HepG2 і A549 відповідно. Автори зазначають, що при використанні фруктози як джерела вуглецю синтезуються ЕПС з низькою молекулярною масою та високим вмістом ксилози, що й зумовлює їх антиракову активність [33].

Із донних відкладень узбережжя Червоного моря (Єгипет) були виділені бактерії *Bacillus velezensis* МНМ3, які синтезують екзополісахариди. Досліджено протиракову дію даних ЕПС на моделі аденокарциноми протоків молочної залози людини *in vitro* з використанням лінії клітин MCF-7. Автори пов'язують протипухлинну активність ЕПС із їх здатністю індукувати пошкодження мітохондрій та впливати на рівні проапоптичних білків у ракових клітинах [34].

У 2018 р. Insulkar зі співавт. першими виявили протипухлинну активність ЕПС галотолерантних бактерій *B. licheniformis* PASS26 на моделі аденокарциноми молочної залози *in vitro*. При використанні клітин MCF-7 спостерігали

зростання цитотоксичності від 6,5 до 67,8% при використанні ЕПС штаму PASS26 у діапазоні концентрацій 0,1—1 мг/мл [35].

Узагальнену інформацію про мікробні екзополісахариди, що проявили проти-пухлинну активність, наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Протипухлинна активність мікробних екзополісахаридів in vitro

| Продуцент | Ефективна концентрація ЕПС, мг/мл | Модель пухлини <i>in vitro</i> | Джерело |
|---|-----------------------------------|---|---------|
| <i>L. helveticus</i> MB2-1 | 0,6 | Рак шлунку (BGC-823) | [24] |
| <i>Chaetomium</i> sp. JY25 | 0,282* | Карцинома легеневого епітелію (A549) | [29] |
| <i>S. areolatum</i> Ehrenb | 0,5 | Гепатоцелюлярна карцинома (HepG2) та карцинома легеневого епітелію (A549) | [33] |
| <i>Fusarium</i> sp. A14 | 0,62* | Гепатоцелюлярна карцинома (HepG2) | [30] |
| <i>Graesiella</i> sp. | 1,06* | Гепатоцелюлярна карцинома (HepG2) | [31] |
| | 0,3* | Аденокарцинома товстого кишківника (Caco-2) | |
| <i>C. reinhardtii</i> CC-124 | 0,17* | Рак молочної залози (MDA-MB-231) | [32] |
| <i>B. velezensis</i> MHM3 | 0,026* | Аденокарцинома протоків молочної залози (MCF-7) | [34] |
| <i>B. licheniformis</i> PASS26 | 0,84* | Аденокарцинома протоків молочної залози (MCF-7) | [35] |
| <i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> B3 | 0,4 | Колоректальна аденокарцинома (HT-29) | [25] |
| <i>L. brevis</i> TD4 | 8,75* | Колоректальна аденокарцинома (HT-29) | [27] |
| <i>L. kefir</i> MSR101 | 0,4 | Колоректальна аденокарцинома (HT-29) | [26] |
| <i>L. lactis</i> NCR112 | 20 | Рак шийки матки (HeLa) | [28] |

Примітка: * — наведена концентрація ЕПС, що викликає 50% лізису моношару ракових клітин (індекс цитотоксичності IC₅₀).

Висновки

Фізико-хімічні властивості мікробних екзополісахаридів дають змогу використовувати їх у різних галузях промисловості. В останні роки розпочались дослідження з вивчення біологічних властивостей цих сполук. Зокрема, встановлено, що ряд екзополісахаридів проявляють противірусну та імунomodulatory дію, інгібують утворення бактеріальних біоплівки, а також можуть пригнічувати ріст пухлинних клітин. Разом із тим механізми біологічної активності мікробних екзополісахаридів повністю не встановлені. Біологічна дія цих сполук залежить від їхнього складу та молекулярної маси, а також від умов культивування продуцента та складу поживного середовища для його вирощування.

Література

1. Pirog T. P., Voronenko A. A., Ivakhniuk M. O. Non-traditional producers of microbial exopolysaccharides. *Biotechnol. Acta*. 2018, 11 (4): 5—27. doi: 10.15407/biotech11.04.005.
2. Moscovici M. Present and future medical applications of microbial exopolysaccharides. *Front. Microbiol.* 2015, 6: 1012. doi: 10.3389/fmicb.2015.01012.
3. De Clercq E., Li G. Approved antiviral drugs over the past 50 years. *Clin. Microbiol. Rev.* 2016, 29(3): 695—747. doi: 10.1128/CMR.00102-15.
4. Gugliandolo C., Spano A., Maugeri T. L., Poli A., Arena A., Nicolaus B. Role of bacterial exopolysaccharides as agents in counteracting immune disorders induced by herpes virus. *Microorganisms*. 2015, 3(3): 464—483. doi: 10.3390/microorganisms3030464.

5. El Awady M. E., Eldin M. A.N., Ibrahim H. M., Al Bahnasy M. E., Aziz S. H. A. *In vitro* evaluation of antioxidant, anticancer, and antiviral activities of exopolysaccharide from *Streptomyces hirsutus* NRC2018. *J. Appl. Pharm. Sci.* 2019, 9(11): 10—18. doi: 10.7324/JAPS.2019.91102.
6. Kanauchi O., Andoh A., AbuBakar S., Yamamoto N. Probiotics and paraprobiotics in viral infection: clinical application and effects on the innate and acquired immune systems. *Curr Pharm Des.* 2018, 24(6): 710—717. doi: 10.2174/1381612824666180116163411.
7. Naumenko K., Biliavska L., Pankivska Y., Povnitsa O., Vasyliuk O., Garmasheva I., Zagorodnya S. Anti-herpetic activity exopolysaccharides produced by different species of lactic acid bacteria. *JAB.* 2019, 12: 2307—2315. doi: 10.24297/jab.v12i0.8058.
8. Biliavska L., Pankivska Y., Povnitsa O., Zagorodnya S. Antiviral activity of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria of the genera *Pediococcus*, *Leuconostoc* and *Lactobacillus* against human adenovirus type 5. *Medicina (Kaunas).* 2019, 55(9): E519. doi: 10.3390/medicina55090519.
9. Kim K., Lee G., Thanh H. D., Kim J. H., Konkrit M., Yoon S., Park M., Yang S., Park E., Kim W. Exopolysaccharide from *Lactobacillus plantarum* LRCC5310 offers protection against rotavirus-induced diarrhea and regulates inflammatory response. *J. Dairy Sci.* 2018, 101(7): 5702—5712. doi: 10.3168/jds.2017-14151.
10. Kusmiati, Kukihi F. E., Afiati F. Exopolysaccharide (EPS) activity test of lactic acid bacteria (LAB) as immunomodulatory. *JITV.* 2016, 21 (3): 182—189. doi: 10.14334/jitv.v21i3.1414.
11. Adebayo-Tayo B., Fashogbon R. *In vitro* antioxidant, antibacterial, *in vivo* immunomodulatory, antitumor and hematological potential of exopolysaccharide produced by wild type and mutant *Lactobacillus delbureckii* subsp. *bulgaricus*. *Heliyon.* 2020, 6(2): e03268. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03268.
12. Xiu L., Zhang H., Hu Z., Liang Y., Guo S., Yang M., Du R., Wang X. Immunostimulatory activity of exopolysaccharides from probiotic *Lactobacillus casei* WXD030 strain as a novel adjuvant *in vitro* and *in vivo*. *Food Agr. Immunol.* 2018; 29(1): 1086—1105, doi: 10.1080/09540105.2018.1513994.
13. Garcia-Castillo V., Marcial G., Albarracín L., Tomokiyo M., Clua P., Takahashi H., Kitazawa H., Garcia-Cancino A., Villena J. The exopolysaccharide of *Lactobacillus fermentum* UCO-979C is partially involved in its immunomodulatory effect and its ability to improve the resistance against *Helicobacter pylori* infection. *Microorganisms.* 2020, 8(4): E479. doi: 10.3390/microorganisms8040479.
14. You X., Li Z., Ma K., Zhang C., Chen X., Wang G., Yang L., Dong M., Rui X., Zhang Q., Li W. Structural characterization and immunomodulatory activity of an exopolysaccharide produced by *Lactobacillus helveticus* LZ-R-5. *Carbohydr. Polym.* 2020, 235: 115977. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.115977.
15. Kook S.-Y., Lee Y., Jeong E.-C., Kim S. Immunomodulatory effects of exopolysaccharides produced by *Bacillus licheniformis* and *Leuconostoc mesenteroides* isolated from Korean kimchi. *J. Funct. Foods.* 2019, 54: 211—219. doi: 10.1016/j.jff.2019.01.003.
16. Jiang P., Li J., Han F., Duan G., Lu X., Gu Y., Yu W. Antibiofilm activity of an exopolysaccharide from marine bacterium *Vibrio* sp. QY101. *PLoS One.* 2011, 6(4): e18514. doi: 10.1371/journal.pone.0018514.
17. Liu Z., Zhang Z., Qiu L., Zhang F., Xu X., Wei H., Tao X. Characterization and bioactivities of the exopolysaccharide from a probiotic strain of *Lactobacillus plantarum* WLPL04. *J. Dairy Sci.* 2017, 100(9): 6895—6905. doi: 10.3168/jds.2016-11944.
18. Mahdhi A., Leban N., Chakroun I., Chaouch M. A., Hafsa J., Fdhila K., Mahdouani K., Majdoub H. Extracellular polysaccharide derived from potential probiotic strain with antioxidant and antibacterial activities as a prebiotic agent to control pathogenic bacterial biofilm formation. *Microb. Pathog.* 2017, 109: 214—220. doi: 10.1016/j.micpath.2017.05.046.
19. Xu X., Peng Q., Zhang Y., Tian D., Zhang P., Huang Y., Ma L., Qiao Y., Shi B. A novel exopolysaccharide produced by *Lactobacillus coryniformis* NA-3 exhibits antioxidant and biofilm-inhibiting properties *in vitro*. *Food. Nutr. Res.* 2020, 64: 3744 doi: 10.29219/fnr.v64.3744.

20. Mahdhi A., Leban N., Chakroun I., Bayar S., Mahdouani K., Majdoub H., Kouidhi B. Use of extracellular polysaccharides, secreted by *Lactobacillus plantarum* and *Bacillus* spp., as reducing indole production agents to control biofilm formation and efflux pumps inhibitor in *Escherichia coli*. *Microb. Pathog.* 2018, 125: 448—453. doi: 10.1016/j.micpath.2018.10.010.
21. Kumar M. A., Divya S., Oscar F. L., Thajuddin N., Nithya C. Cyanobacterial exopolysaccharides: a potent antibiofilm agent against *Pseudomonas aeruginosa*. *IJRAR.* 2018, 5(4): 31—38.
22. Abinaya M., Vaseeharan B., Divya M., Sharmili A., Govindarajan M., Alharbi N. S., Kadaikunnan S., Khaled J. M., Benelli G. Bacterial exopolysaccharide (EPS)-coated ZnO nanoparticles showed high antibiofilm activity and larvicidal toxicity against malaria and Zika virus vectors. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2018, 45: 93—103. doi: 10.1016/j.jtemb.2017.10.002.
23. Wu S., Liu G., Jin W., Xiu P., Sun C. Antibiofilm and anti-infection of a marine bacterial exopolysaccharide against *Pseudomonas aeruginosa*. *Front. Microbiol.* 2016, 7: 102. doi: 10.3389/fmicb.2016.00102.
24. Li W., Ji J., Tang W., Rui X., Chen X., Jiang M., Dong M. Characterization of an antiproliferative exopolysaccharide (LHEPS-2) from *Lactobacillus helveticus* MB2-1. *Carbohydr. Polym.* 2014, 105: 334—340. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.01.093.
25. Tukenmez U., Aktas B., Aslim B., Yavuz S. The relationship between the structural characteristics of lactobacilli-EPS and its ability to induce apoptosis in colon cancer cells *in vitro*. *Sci. Rep.* 2019, 9(1): 8268. doi: 10.1038/s41598-019-44753-8.
26. Rajoka M. S. R., Mehwish H. M., Fang H., Padhiar A. A., Zeng X., Khurshid M., Zhao L. Characterization and anti-tumor activity of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefir* isolated from Chinese kefir grains. *J. Func. Foods.* 2019, 63: 103588. doi:10.1016/j.jff.2019.103588.
27. Mojibi P., Tafvizi F., Bikhof Torbati M. Cell-bound exopolysaccharide extract from indigenous probiotic bacteria induce apoptosis in HT-29 cell-line. *Iran. J. Pathol.* 2019, 14(1): 41—51. doi: 10.30699/IJP.14.1.41.
28. Nguyen D. T. A., Nguyen T. H. K. Detection on antioxidant and cytotoxicity activities of exopolysaccharides isolated in plant-originated *Lactococcus lactis*. *Biomed. Pharmacol. J.* 2014, 7(1): 33—38. doi: 10.13005/bpj/449.
29. Zhang H., Wang X., Li R., Sun X., Sun S., Li Q., Xu C. Preparation and bioactivity of exopolysaccharide from an endophytic fungus *Chaetomium* sp. of the medicinal plant *Gynostemma pentaphyllum*. *Pharmacogn. Mag.* 2017, 13(51): 477—482. doi: 10.4103/0973-1296.211033.
30. Pan F., Hou K., Li D. D., Su T. J., Wu W. Exopolysaccharides from the fungal endophytic *Fusarium* sp. A14 isolated from *Fritillaria unibracteata* Hsiao et KC Hsia and their antioxidant and antiproliferation effects. *J. Biosci. Bioeng.* 2019, 127(2): 231—240. doi: 10.1016/j.jbiosc.2018.07.023.
31. Trabelsi L., Chaieb O., Mnari A., Abid-Essafi S., Aleya L. Partial characterization and antioxidant and antiproliferative activities of the aqueous extracellular polysaccharides from the thermophilic microalgae *Graesiella* sp. *BMC Complement. Altern. Med.* 2016, 16: 210. doi: 10.1186/s12906-016-1198-6.
32. Kamble P., Cheriyaundath S., Lopus M., Sirisha V. L. Chemical characteristics, antioxidant and anticancer potential of sulfated polysaccharides from *Chlamydomonas reinhardtii*. *J. Appl. Phycol.* 2018, 30: 1641—1653. doi: 10.1007/s10811-018-1397-2.
33. Wu Y., Jia X., Huang D., Zheng J., Hu Z., Xu C. Production, structural characterization, and antiproliferative activity of exopolysaccharide produced by *Scleroderma areolatum* Ehrenb with different carbon source. *Braz. J. Microbiol.* 2019, 50(3): 625—632. doi: 10.1007/s42770-019-00071-9.
34. Mahgoub A. M., Mahmoud M. G., Selim M. S., EL Awady M. E. Exopolysaccharide from marine *Bacillus velezensis* MHM3 induces apoptosis of human breast cancer MCF-7 cells through a mitochondrial pathway. *Asian. Pac. J. Cancer Prev.* 2018, 19(7): 1957—1963. doi: 10.22034/APJCP.2018.19.7.1957.
35. Insulkar P., Kerkar S., Lele S. S. Purification and structural-functional characterization of an exopolysaccharide from *Bacillus licheniformis* PASS26 with in-vitro antitumor and wound healing activities. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, 120 (Pt B):1441—1450. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.09.147.

THE EFFECT OF HYPERINSULINEMIA ON THE BIOLOGICAL PROPERTIES OF HUMAN BREAST CANCER CELLS OF THE NEW BCC/P CELL LINE

N. Vydasov, A. Lykhova, T. Kozak, N. Bezdieniezhykh

Institute of experimental pathology, oncology and radiobiology. R. E. Kavetsky of NASU

S. Teterina

National University of Food Technologies

Key words:

*Insulin
Hyperinsulinemia
Breast cancer
Glucose metabolism*

Article history:

Received 04.11.2020
Received in revised form
17.11.2020
Accepted 02.12.2020

Corresponding author:

N. Vydasov
E-mail:
vydasov.nazar@
gmail.com

ABSTRACT

It is known that hyperinsulinemia may promote the progression of breast cancer (BC) in patients. Recurrence of BC with the formation of metastatic pleural effusion remains the cause of death in 25% of patients and BC cells derived from exudative pleurisy are characterized by a high degree of malignancy. Therefore, the aim of our research was to study the effect of hyperinsulinemia on the biological properties of human BC cells of the new BCC/P cell line obtained from pleural effusion of a patient who was at the last stage of the disease. The methods of cell culture, biochemical and immunological methods were used in the work. All studies were performed by culturing the cells in a nutrient medium with a low fetal serum content (1%) in the presence of insulin (INS) (0.02 µg/ml, 0.5 µg/ml and 5 µg/ml). Proliferative activity of BCC/P cells was evaluated by standard colorimetric methods in the presence of cells with crystal violet. The metabolic activity of the cells was analyzed by determining the amount of glucose in the nutrient medium by colorimetric enzymatic method with glucose oxidase. Migratory activity of tumor cells was determined by scratch assay. The expression levels of estrogen receptor, progesterone, HER-2/Neu, intercellular adhesion proteins β-catenin, E-cadherin and α-actin cytoskeleton protein were determined by immunocytochemical analysis.

It was shown that the cultivation of BCC/P cells under conditions of hyperinsulinemia led to an increase in their proliferative activity by 10—20% (0.5 µg/ml and 5 µg/ml insulin (INS), respectively) and migratory activity (only at 5 µg/ml INS). Also, hyperinsulinemia stimulated a statistically significant increase in glucose uptake by BCC/P cells by 26.8% (5 µg/ml INS) and an increase in planting efficiency by 56% (5 µg/ml INS), compared to control sample. Such changes of the BCC/P cells biological properties are associated with an increase in the expression of the mesenchymal cells marker α-actin by 37.5% (0.5 µg/ml INS) and 90.3% (5 µg/ml INS). The results indicated that the cultivation of human BC cells of the new line BCC/P with hyperinsulinemia led to an increase in their malignancy.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-6-8

ВПЛИВ ГІПЕРІНСУЛІНЕМІЇ НА БІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КЛІТИН РАКУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ ЛЮДИНИ НОВОЇ КЛІТИННОЇ ЛІНІЇ ВСС/Р

Н. В. Видасов, О. О. Лихова, Т. П. Козак, Н. М. Безденежних
Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології
ім. Р. Є. Кавецького НАН України

С. М. Тетеріна

Національний університет харчових технологій

Відомо, що гіперінсулінемія може сприяти прогресії раку молочної залози (РМЗ) у пацієнтів. Рецидив РМЗ з утворенням метастатичного плеврального випоту залишається причиною загибелі 25% хворих і клітини РМЗ, отримані із ексудативного плевриту, характеризуються високим ступенем злоякісності. У статті досліджено вплив гіперінсулінемії на біологічні властивості клітин РМЗ людини нової клітинної лінії ВСС/Р, отриманої з плеврального випоту хворої, яка знаходилась на останній стадії захворювання. Для цього використано методи культури клітин, біохімічні та імунологічні методи. Всі дослідження проведено за умови культивування клітин у поживному середовищі з низьким вмістом фетальної сироватки (1%) за наявності інсуліну (ІНС) (0,02 мкг/мл, 0,5 мкг/мл та 5 мкг/мл). Проліферативну активність клітин ВСС/Р оцінювали стандартними колориметричними методами шляхом фарбування клітин кристалічним фіолетовим. Метаболічну активність клітин аналізували шляхом визначення кількості глюкози в поживному середовищі колориметричним ензиматичним методом з оксидазою глюкози. Міграційну активність пухлинних клітин визначали методом *scratch assay*. Рівень експресії рецептора естрогену, прогестерону, HER-2/Neu, білків міжклітинної адгезії E-кадгерину, β -катеніну і білка цитоскелету α -актину визначали методом імуноцитохімічного аналізу.

Показано, що культивування клітин лінії ВСС/Р в умовах гіперінсулінемії призводить до підвищення їх проліферативної активності на 10—20%, (0,5 мкг/мл та 5 мкг/мл ІНС, відповідно) і міграційної активності (лише при 5 мкг/мл ІНС). Також умови гіперінсулінемії стимулювали статистично достовірне посилення поглинання глюкози клітинами ВСС/Р на 26,8% (5 мкг/мл ІНС) та підвищення посадочної ефективності на 56% (5 мкг/мл ІНС) порівняно з контролем. Такі зміни біологічних властивостей клітин ВСС/Р асоційовані з підвищенням експресії маркера мезенхімальних клітин — α -актину на 37,5% (0,5 мкг/мл ІНС) і 90,3% (5 мкг/мл ІНС). Отримані результати вказують на те, що культивування клітин РМЗ людини нової лінії ВСС/Р в умовах гіперінсулінемії призводило до підвищення їх злоякісності.

Ключові слова: інсулін, гіперінсулінемія, рак молочної залози, метаболізм глюкози.

Постановка проблеми. Сьогодні відомо, що інсулін — це фактор росту, який відіграє надзвичайно важливу роль у нормальному функціонуванні всього організму як на клітинному, так і на органному рівнях. Саме тому порушення роботи цієї системи призводять до розвитку таких станів, як гіперінсулінемія, що асоціюється зі зменшенням виживаності хворих на рак молочної залози [1]. Окрім того, різні метааналізи показали, що високий рівень інсуліну та С-пептиду (маркер секреції інсуліну) в сироватці крові корелює з підвищеним ризиком розвитку раку кишечника, підшлункової, молочної залози та ендометрію в осіб, не хворих на діабет [2]. Отже, гіперінсулінемія може сприяти прогресії РМЗ у пацієнтів.

Рецидив РМЗ з утворенням метастатичного плеврального випоту залишається причиною загибелі 25% хворих навіть після їх первинного лікування (хірургічне втручання, хіміотерапія, променева терапія) [3]. Цитологічна діагностика клітинного складу плевральних виділень 119 пацієток хворих на РМЗ показала, що у 97% випадків пухлинні клітини відповідали інфільтруючому протоковому раку — інвазивна високозлоякісна форма новоутворення [4]. Окрім того, результати, отримані нами раніше [5], свідчать, що клітини РМЗ людини, отримані із плеврального випоту характеризуються високою проліферативною і міграційною активністю, туморогенністю *in vitro*, низькою чутливістю до дії протипухлинних препаратів платини і камптотецину. Однак можливі механізми й ефекти впливу інсуліну на такі пухлинні клітини залишаються недослідженими.

Метою дослідження є вивчення біологічних властивостей клітин РМЗ людини нової клітинної лінії ВСС/Р, отриманої з плеврального випоту хворої на РМЗ, в умовах гіперінсулінемії.

Матеріали і методи. Вкористано клітини РМЗ людини лінії ВСС/Р (82 пасаж), яка була отримана у 2016 р. в Інституті експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р. Є. Кавецького НАН України на базі Банку ліній з тканин людини та тварин [5]. Клітини культивували в поживному середовищі RPMI-1640 (Biowest, Франція) з 10% фетальної сироватки теляти (ФСТ) (Biowest, Франція) та 40 мкг/мл гентаміцину (Sigma, США). Досліджувані клітини культивували у зволоженій атмосфері з 5% CO₂ при 37°C. Зміну середовища і пересів клітин проводили за стандартною методикою. Для подальших досліджень використовували клітини, що знаходились в експоненційній фазі росту.

Визначення проліферативної активності клітин і кількості метаболізованої глюкози in vitro. Проліферативну активність клітин ВСС/Р за умов їх культивування за наявності інсуліну оцінювали стандартними колориметричними методами шляхом фарбування клітин кристалічним фіолетовим (загальна кількість клітин за білком та ДНК) [6].

Клітини ліній ВСС/Р висаджували в лунки 96-лункового планшета у 100 мкл повного поживного середовища RPMI-1640 з додаванням 10% ФСТ в концентрації 1×10^4 клітин/лунку. Клітини інкубували у зволоженій атмосфері за наявності 5% CO₂ при 37°C протягом 24 годин. На наступну добу з усіх лунок видаляли поживне середовище і промивали клітини фосфатно-сольовим буфером. У лунки вносили поживне середовище RPMI-1640 з 2% ФСТ. Далі, у відповідні лунки планшета вносили рекомбінантний інсулін людини (Lilly, Франція) до

кінцевих концентрацій 5 мкг/мл, 0,5 мкг/мл, 0,02 мкг/мл, а в лунки негативного контролю додавали фізіологічний розчин (Лекхім, Україна). Одразу після внесення інсуліну клітини поміщали у CO₂-інкубатор і культивували при 5% CO₂ та 37°C ще 48 годин.

Після закінчення інкубації з усіх лунок планшета видаляли поживне середовище і визначали концентрацію глюкози, а в пусті лунки вносили по 50 мкл розчину кристалічного фіолетового (Sigma, США) (5 мг барвника в 1 мл 70% метилового спирту). Планшет інкубували при кімнатній температурі 10 хв, барвник видаляли, а залишки барвника вимивали холодною проточною водою. Планшет просушували на повітрі при кімнатній температурі в темному місці протягом 24 годин. Далі проводили елюювання барвника 96% етиловим спиртом (Укрспирт, Україна). Результати фіксували за допомогою мультилункового спектрофотометра (Labsystems Multiskan PLUS, Фінляндія) при довжині хвилі збудження 540 нм. Кількість живих клітин обраховували за формулою:

$$X = (A_{540}(\text{experiment})/A_{540}(\text{control})) \times 100\%.$$

Кількість глюкози в поживному середовищі визначали колориметричним ензиматичним методом з оксидазою глюкози, використовуючи «Диагностический набор для определения концентрации глюкозы» (CORMAY, Польща), який проводили згідно з інструкцією виробника. Для оцінки результатів використовували автоматичний біохімічний аналізатор GBG ChemWell 2900 (Awareness Technology, США).

Дослідження посадочної ефективності клітин in vitro. Для визначення посадочної ефективності клітин оцінювали їхню колонієутворювальну активність на субстраті. Клітини BCC/P висаджували в лунки 12-лункового планшета в 1 мл повного поживного середовища RPMI-1640 в концентрації 5×10^4 клітин/лунку. Клітини інкубували у зволоженій атмосфері за наявності 5% CO₂ при 37°C протягом 24 годин. На наступну добу клітини обробляли інсуліном за схемою, що описана вище. Одразу після внесення інсуліну, клітини поміщали у CO₂-інкубатор і культивували при 5% CO₂ та 37°C ще 72 години. Далі клітини висаджували на чашки Петрі діаметром 60 мм в концентрації 2000 клітин/чашку в повному поживному середовищі RPMI-1640 з 10% ФСТ та 40 мкг/мл гентаміцину та інкубували при 37°C за наявності 5% CO₂ протягом 14 днів. Причому в ½ частину чашок Петрі протягом усього періоду інкубації (через 3 доби) додавали інсулін в концентрації 5 мкг/мл, 0,5 мкг/мл, 0,02 мкг/мл.

Через 2 тижні колонії клітин фарбували розчином кристалічного фіолетового протягом 10 хв, лунки промивали проточною водою і рахували кількість колоній у кожній лунці за допомогою біокуляра [7].

Аналіз міграційної активності пухлинних клітин in vitro методом scratch assay. Клітини висаджували на планшет і обробляли інсуліном за схемою, що описана вище та інкубували при 37°C і 5% CO₂ до моменту утворення 100% моношару. Використовували наконечники для саплера об'ємом до 200 мкл для створення пошкоджень клітинного моношару. Після цього для видалення клітинного дебрису і вирівнювання країв подряпин повністю змінювали поживне середовище в усіх лунках. Процес міграції клітин у зоні пошкодження клітинного моношару спостерігали за допомогою фазово-контрастного мікроскопа

Axiovert 25 та фотографували за допомогою цифрової камери. Перша серія фото була зроблена одразу після пошкодження моношару, а наступні — через кожні 12 годин. Усі фото проаналізували і визначили час інкубації, необхідний досліджуваним клітинам для повного відновлення клітинного моношару [8].

Імуноцитохімічний аналіз. Для проведення імуноцитохімічного аналізу досліджувані клітини висаджували в чашки Петрі на покривні скельця в повному поживному середовищі в концентрації 4×10^5 клітин/чашку. Чашки інкубували протягом 24 годин. Далі клітини обробляли інсуліном за схемою, що описана вище, та інкубували при 5% CO₂ і 37°C протягом 72 годин. Як контроль використовували клітини, які культивували без інсуліну. Після інкубації скельця з клітинами поміщали у фіксуючий розчин (метанол+ацетон: 1:1) на 2 год при — 20°C, після чого інкубували 20 хв з 1% розчином бичачого сироваткового альбуміну (БСА). Потім на 1 год наносили моноклональні антитіла проти: рецептора естрогену, рецептора прогестерону, HER-2/Neu, E-cadherin, β -catenin, α -actin (Thermo Scientific, США). Після цього застосовували систему візуалізації Ultra Vision LP Value Detection system (Thermo Scientific, США), яка містить вторинні антитіла, кон'юговані з пероксидазою, активність якої виявляли за допомогою субстрату діамінобензидину (DAB). Після проведення імуноцитохімічної реакції препарати промивали проточною водою та дофарбовували розчином гематоксилін-еозину (15—30 с) (Sigma, США), далі препарати вмішували в Faramount Aqueous Mounting Medium (Thermo Scientific, США). Аналіз результатів проводили, підраховуючи клітини з експресією (коричневе забарвлення клітин) за допомогою світлового мікроскопа, та оцінювали за допомогою класичного методу H-Score:

$$S=1 \times A+2 \times B+3 \times C,$$

де S — показник «H-Score», значення якого знаходяться у межах від 0 (білок не експресується) до 300 (сильна експресія у 100% клітин); A — % слабо «зафарбованих» клітин, B — % помірно «зафарбованих» клітин, C — % сильно «зафарбованих» клітин [9].

Статистичний аналіз. Розрахунки середнього значення досліджуваних показників (M) та середньої помилки середньої арифметичної (m) виконані за допомогою програмного пакета Excel 2016. Для оцінки рівнів значимості відмінностей середніх значень між групами застосовували t-критерій Стьюдента. Розрахунки виконані за допомогою програмного пакета STATISTICA 6.0. Достовірними вважали відмінності з імовірністю не менше 95% ($p < 0,05$).

Результати і обговорення. У дослідницьких лабораторіях по всьому світу щодня проводиться величезна кількість експериментів *in vitro* на моделях ліній пухлинних клітин [10]. Отримання і характеристика нових клітинних ліній із пухлинних тканин допомагає створити важливий ресурс для вивчення різного виду злоякісних новоутворень і полегшує вибір найбільш вдалої моделі *in vitro* для проведення дослідницьких робіт.

Для характеристики патологічних і молекулярних властивостей клітин РМЗ лінії ВСС/Р використовували імуноцитохімічний аналіз експресії рецепторів естрогену, прогестерону і HER-2/Neu. Дослідження не виявили експресію зазначених маркерів у пухлинних клітинах, тому клітини нової лінії ВСС/Р слід віднести до базального (тричі негативного) типу (рис. 1).

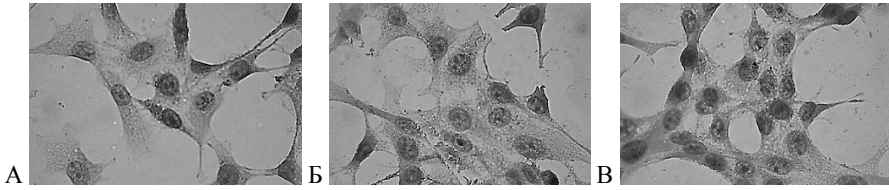


Рис. 1. Відсутність експресії рецептора естрогену (А), рецептора прогестерону (Б) і HER-2/Neu (В) в клітинах лінії ВСС/Р

Однією з важливих характеристик пухлинних клітин вважається їх проліферативна активність. Відомо, що інсулін (ІНС) прямо й опосередковано стимулює синтез ДНК і білків у клітині. Біохімічний механізм впливу ІНС на проліферацію клітин заснований на анаболічній дії гормона, а також на регуляції процесів фосфорилування, що відбувається шляхом активації та інгібування ферментних систем клітини. Це сприяє підвищенню проліферативної активності як нормальних, так і пухлинних клітин [11].

Вивчення впливу ІНС на проліферативну активність клітин ВСС/Р показало, що лише високі концентрації інсуліну, які відповідають умовам гіперінсулінемії, спричиняють статистично достовірне збільшення кількості клітин лінії ВСС/Р на 10—20% порівняно з контролем (рис. 2). Нижчі концентрації ІНС, зокрема фізіологічна концентрація гормона (0,02 мкг/мл), суттєво не впливали на проліферативну активність клітин РМЗ.

Отримані результати свідчать, що клітини лінії ВСС/Р характеризуються зниженою чутливістю до мітогенної активності ІНС і лише надмірна кількість гормону стимулює їх проліферацію.

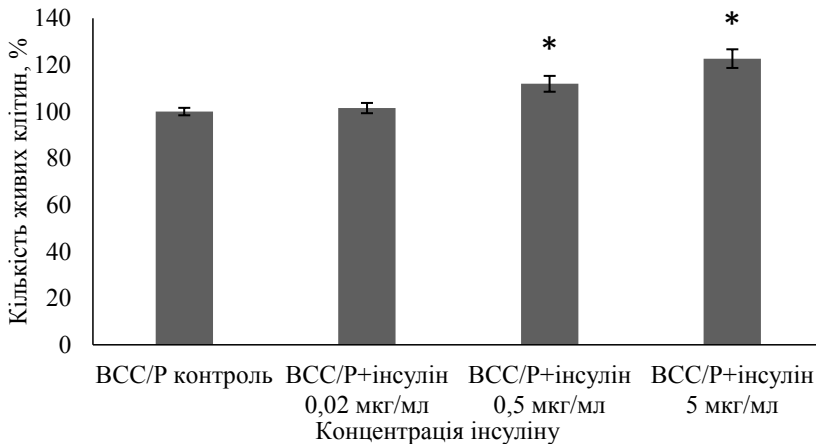


Рис. 2. Кількість живих клітин лінії ВСС/Р після їх культивування за різних концентрацій ІНС (48 год інкубації клітин з ІНС)

Примітка: *статистично достовірні відмінності порівняно з показниками контролю клітин, $p < 0,05$.

Інсулін володіє цілим спектром біологічних ефектів і впливає на різні процеси в клітинах органів-мішеней, але найважливішу роль відіграє в регуляції вугле-

водного обміну: основна біологічна функція інсуліну — регуляція рівня глюкози в крові. Інсулін — єдиний гормон, що знижує рівень глюкози в крові [11], тому наступним етапом наших досліджень було визначення впливу ІНС на метаболізм глюкози клітинами ВСС/Р.

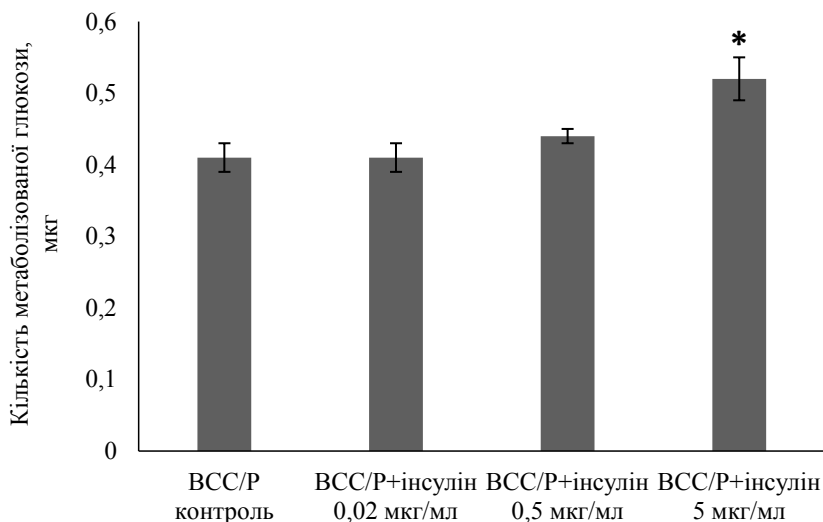


Рис. 3. Кількість глюкози, метаболізованої клітинами ВСС/Р, після їх культивування за наявності ІНС

Примітка: *статистично достовірні відмінності порівняно з показниками контролю клітин, $p < 0,05$.

Було показано, що лише у найвищій із досліджених концентрацій (5 мкг/мл) ІНС статистично достовірно посилює поглинання глюкози клітинами ВСС/Р на 26,8%, якщо порівняти з контролем (рис. 3).

Пухлинні клітини характеризуються високим ступенем автономності та аутокринною регуляцією росту — здатністю продукувати ростові фактори і деякі поживні речовини необхідні для їх існування. Посадочна ефективність пухлинних клітин є одним із показників їх злоякісності [12]. Цей показник обраховували, оцінюючи кількість пухлинних клітин, що здатні утворювати проліферуючі колонії клітин на субстраті (пластиковий посуд для культури клітин) за умов їх висаджування в низькій концентрації (рис. 4, 5). Було показано, що короткотривала обробка клітин ВСС/Р ІНС (72 год) суттєво не впливала на показник колонієутворювальної активності (КУА) пухлинних клітин.

Однак при обробці досліджуваних клітин ІНС в тих же концентраціях протягом 14 діб спостерігалась зміна показника КУА клітин ВСС/Р (рис. 5). Було показано, що лише найвища із досліджених концентрацій ІНС (5 мкг/мл) призводила до статистично достовірного підвищення КУА клітин ВСС/Р на 56%, якщо порівняти з контролем.

Отримані результати свідчать, що лише тривала обробка клітин ВСС/Р надмірною концентрацією ІНС призводила до підвищення їх автономності і, відповідно, злоякісності.

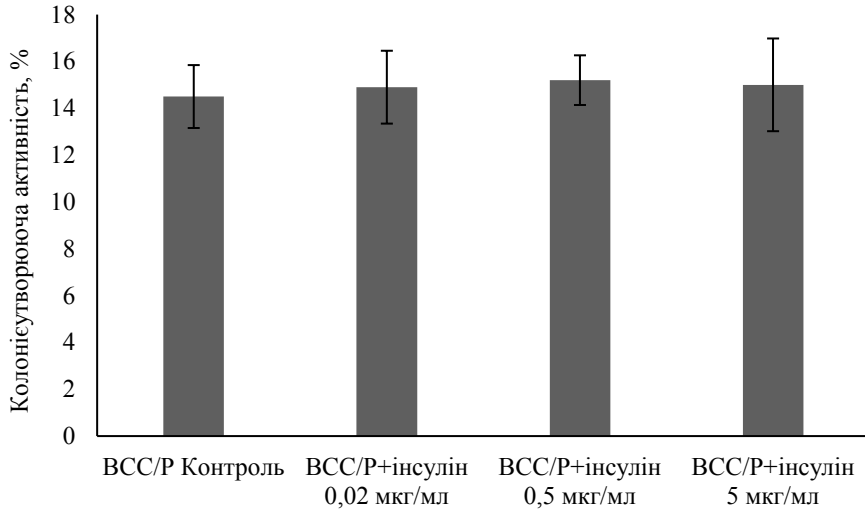


Рис. 4. Короткотривалий вплив ІНС на посадочну ефективність клітин BCC/P (72 год обробки клітин ІНС)

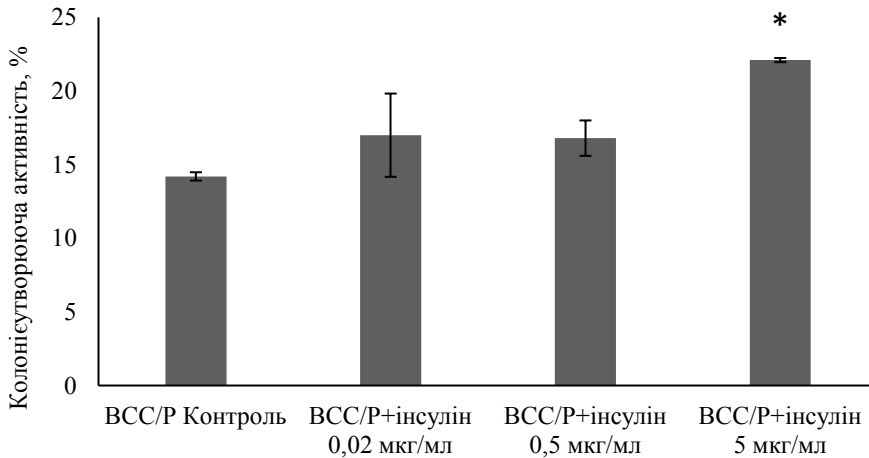


Рис. 5. Зміни посадочної ефективності клітин BCC/P *in vitro* після їх культивування за наявності ІНС протягом 14 діб

Примітка: *статистично достовірні відмінності порівняно з показниками контролю клітин, $p < 0,05$.

Ще один важливий показник злоякісності пухлинних клітин — це їхня здатність до міграції. Одним із найпростіших методів аналізу швидкості міграції клітин *in vitro* є scratch assay. Наші дослідження показали, що обробка клітин лінії BCC/P інсуліном в концентрації 0,02 мкг/мл та 0,5 мкг/мл не впливала на міграційну активність пухлинних клітин *in vitro* — в контрольній та експериментальних групах відновлення цілісності клітинного моношару спостерігали через 36 год після його пошкодження. Однак у групі клітин, які культивували за наяв-

ності високої концентрації інсуліну (5 мкг/мл), спостерігали підвищення міграційної активності клітин ВСС/Р. Відновлення моношару фіксували вже через 24 год після нанесення «подряпини» (рис. 6). Такі зміни свідчать про підвищення зляжкисності клітин ВСС/Р в умовах гіперінсулінемії.

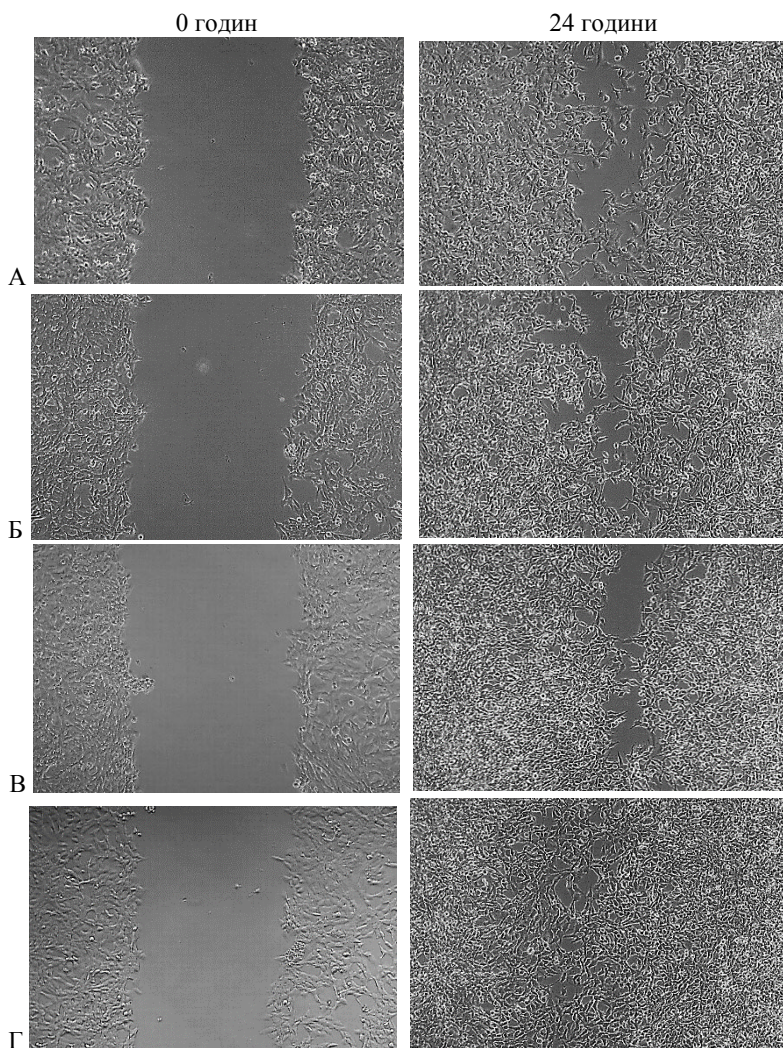


Рис. 6. Аналіз міграційної активності клітин ВСС/Р *in vitro* методом scratch assay після їх культивування за наявності ІНС: А — ВСС/Р контроль; Б — ВСС/Р+ІНС 0,02 мкг/мл; В — ВСС/Р+ІНС 0,5 мкг/мл; Г — ВСС/Р+ІНС 5 мкг/мл (збільшення×100)

Підвищення проліферативної і міграційної активності, а також посадочної ефективності клітин ВСС/Р в умовах гіперінсулінемії дають змогу припустити, що такі зміни біологічних властивостей пухлинних клітин супроводжуються змінами їх молекулярного фенотипу. Зокрема, було досліджено вплив ІНС на

експресію білків міжклітинної адгезії (Е-кадгерин, β -катенін) і на білок цитоскелету — α -актин. Результати таких досліджень можуть пояснити деякі механізми, що забезпечують описані вище зміни біологічних властивостей клітин РМЗ.

Результати імуноцитохімічного аналізу показали, що обробка клітин ВСС/Р ІНС не спричиняла змін рівня експресії Е-кадгерину і β -катеніну, однак призводила до статистично достовірного і дозозалежного підвищення експресії α -актину на 37,5% (0,5 мкг/мл) і 90,3% (5 мкг/мл), якщо порівняти з контролем (рис. 7, 8).

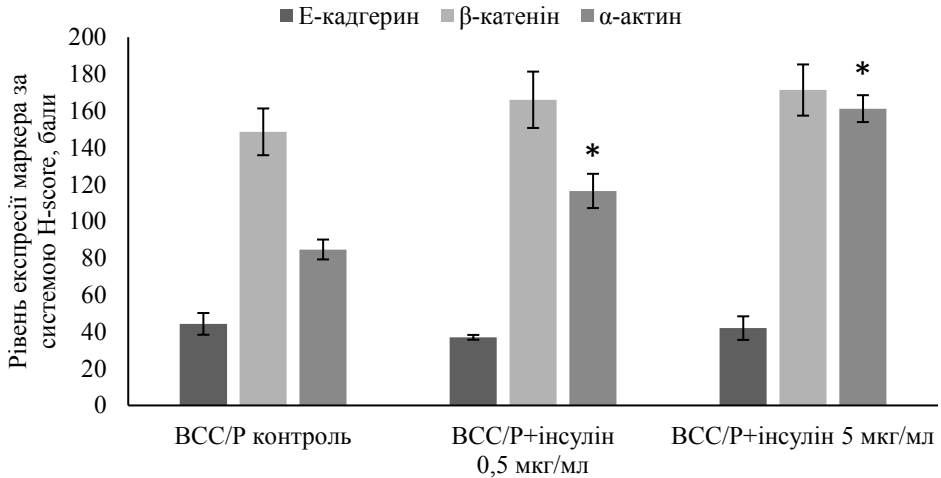


Рис. 7. Рівень експресії Е-кадгерину, β -катеніну і α -актину в клітинах лінії ВСС/Р після їх культивування за наявності ІНС

Примітка: *статистично достовірні відмінності порівняно з показниками контролю клітин, $p < 0,05$.

Слід відмітити, що за системою Н-score (бали) рівень експресії β -катеніну в контрольній і експериментальних групах не відрізнявся, однак мікроскопічний аналіз клітин ВСС/Р виявив зміни експресії молекули в межах популяції: обробка клітин ІНС призводила до підвищення гетерогенності популяції клітин РМЗ за рівнем експресії β -катеніну (рис. 9).

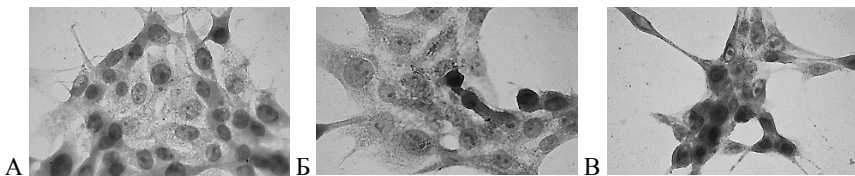


Рис. 8. Зміни експресії α -актину в клітинах ВСС/Р в умовах гіперінсулінемії: А — ВСС/Р контроль; Б — ВСС/Р+інсулін 0,5 мкг/мл; В — ВСС/Р+інсулін 5 мкг/мл

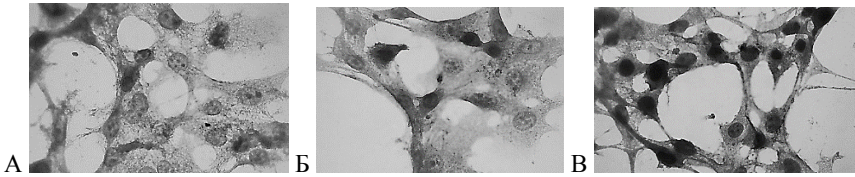


Рис. 9. Зміни експресії β -катеніну в клітинах ВСС/Р в умовах гіперінсулінемії:
 А — ВСС/Р контроль; Б — ВСС/Р+інсулін 0,5 мкг/мл; В — ВСС/Р+інсулін 5 мкг/мл

Підвищення експресії α -актину в клітинах ВСС/Р в умовах гіперінсулінемії свідчить про набуття ними більш мезенхімального і злоякісного фенотипу, що корелює зі змінами біологічних властивостей клітин РМЗ, які представлені вище: підвищення проліферативної, метаболічної і міграційної активності, збільшення посадочної ефективності.

Висновки

Культивування клітин РМЗ людини нової лінії ВСС/Р (базальний підтип, тричі негативні) в умовах гіперінсулінемії призводило до підвищення їх злоякісності: збільшення проліферативної і міграційної активності, підвищення посадочної ефективності, що асоціюється з підвищенням експресії маркера мезенхімальних клітин — α -актину.

Подяка

Дослідження проводили за фінансової підтримки цільової програми наукових досліджень ВБФМБ НАН України 2.2.5.401 «Молекулярно-біологічні фактори гетерогенності злоякісних клітин і варіабельність клінічного перебігу гормонзалежних пухлин».

Література

1. Lipscombe L. L., Goodwin P. J., Zinman B., McLaughlin J. R., Hux J. E. The impact of diabetes on survival following breast cancer. *Breast Cancer Res Treat.* 2008. 109(2). P. 389—395.
2. Becker S., Dossus L., Kaaks R. Obesity related hyperinsulinaemia and hyperglycaemia and cancer development. *Arch Physiol Biochem.* 2009. 115(2). P. 86—96.
3. Rawindraraj A. D., Yang Zhou C., Pathak V. Delayed breast cancer relapse with pleural metastasis and malignant pleural effusion after long periods of disease-free survival. *Respirol Case Rep.* 2018 Dec; 6(9): e00375.
4. Grigoruk O. G., Lazarev A. F., Bazulina L. M., Chechulin M. N. Carcinomatous pleuritis in women with malignant tumors of reproductive system: potentialities of a cytological technique. *Bulletin of Siberian Medicine.* 2009. 8(4). P. 22—27.
5. Bezdieniezhykh N., Lykhova A., Semesiuk N., Okhrymenko R., Kudryavets Yu. Establishment and characterization of new breast and ovarian cancer cell lines as a model for studying cellular plasticity in vitro. *Exp Oncol.* 2016. 38(2). P. 94—100.
6. Vega-Avila E., Pugsley M. K. An overview of colorimetric assay methods used to assess survival or proliferation of mammalian cells. *Proc West Pharmacol Soc.* 2011. 54. P. 10—14.
7. Fedoroff S., Richardson A. Colony Cultures: Plating Efficiency Assay and Cloning. *Springer protocols.* 2001. 23. P. 307—315.

8. Liang C., Park A., Guan J. In vitro scratch assay: a convenient and inexpensive method for analysis of cell migration in vitro. *Nat Protoc.* 2007. 2. P. 329—333.
9. Detre S. A “quickscore” method for immunohistochemical semiquantitation: validation for oestrogen receptor in breast carcinomas. *Clin Pathol.* 1995. 48. P. 876—878.
10. Neve R. M., Chin K., Fridlyand J., Yeh J., Baehner F. L., Fevr T., Clark L., Bayani N., Coppe J. P., Tong F., et al. A collection of breast cancer cell lines for the study of functionally distinct cancer subtypes. *Cancer Cell.* 2006. 10. P. 51—527.
11. Wilcox G. Insulin and Insulin Resistance. *Clin Biochem Rev.* 2005. 26(2). P. 19—39.
12. Chigira M., Noda K., Watanabe H. Autonomy in tumor cell proliferation. *Medical Hypotheses.* 1990. 32. P. 249—254.

INFLATION AND INSURANCE AS FACTORS INFLUENCING FOOD MARKET SECURITY: A TWO-FACTOR REGRESSION ANALYSIS

M. Arych, M. Korniienko, Y. Kripak, T. Didenko

National University of Food Technologies

Key words:

Insurance
Inflation
Security
Food market
Export
Import

Article history:

Received 05.11.2020
Received in revised form
19.11.2020
Accepted 03.12.2020

Corresponding author:

M. Arych

E-mail:

arychmisha@gmail.com

ABSTRACT

The paper presents a correlation-regression analysis of the impact of inflation and insurance on food market security, which is represented by indicators of food exports and imports. The purpose of the article was to determine the degree of statistical significance of the impact of inflation and insurance on food security indicators. The study was conducted on the basis of analysis of statistical data of Ukraine for 2002—2019 and foreign countries: Australia, Belgium, Denmark, Finland, France, Germany, Iceland, Ireland, Italy, Japan, the Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Turkey, Switzerland, Great Britain for 1983—2018. The sources of statistical materials on the basis of which research was conducted for foreign countries are the official data of the World Bank on inflation (consumer price index), as well as information on food safety indicators selected for the study: the share of food imports and exports in the commodity structure of imports or exports in general. Statistics of the insurance market (gross insurance premiums) of foreign countries were obtained from the official website of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Information about the Ukrainian market was taken from the official websites of the State Statistics Service of Ukraine and the National Commission for State Regulation of Financial Services Markets of Ukraine. Null hypothesis was formed and tested (there is no statistically significant impact of inflation and insurance on two or at least one of the indicators of food market security) and alternative hypothesis (the impact of inflation and insurance together on two or at least one of the indicators of food market security, shares of exports and imports in the structure of all commodities, respectively, exports and imports of the country are statistically significant) was also formed. The influence of factor indicators on the results was estimated by correlation-regression analysis and calculation of correlation and determination coefficients, statistical significance of F, p-value for the free term of the regression equation and construction of two-factor regression equations of food safety target functions. The results of the study showed that for both Ukraine and most foreign countries, the null hypothesis was adopted, because the impact of both inflation and insurance on food market security indicators is not statistically significant. At the same time, for other countries (France, Turkey, Italy, Great Britain) the influence of factor indicators on the target function is statistically significant, it means that an alternative hypothesis is accepted.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-6-9

ІНФЛЯЦІЯ ТА СТРАХУВАННЯ ЯК ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ ПРОДОВОЛЬЧОГО РИНКУ: ДВОФАКТОРНИЙ РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ

М. І. Арич, М. В. Корнієнко, Я. В. Кріпак, Т. С. Діденко
Національний університет харчових технологій

У статті проведено кореляційно-регресійний аналіз впливу показників інфляції і страхування на безпеку продовольчого ринку, що представлено показниками експорту та імпорту продуктів харчування. Визначено ступінь статистичної значимості впливу інфляції та страхування на показники безпеки продовольчого ринку. Дослідження проведено на основі аналізу статистичних даних України за 2002—2019 рр. і зарубіжних країн (Австралія, Бельгія, Данія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Ісландія, Ірландія, Італія, Японія, Нідерланди, Норвегія, Португалія, Іспанія, Туреччина, Швейцарія, Велика Британія) за 1983—2018 роки.

Джерелами статистичних матеріалів, на основі яких було проведено наукове дослідження показників зарубіжних країн, є офіційні дані Світового банку щодо інфляції (індексу споживчих цін), а також інформація щодо вибраних для дослідження показників безпеки продовольчого ринку: частка імпорту та експорту продуктів харчування у товарній структурі імпорту чи експорту в цілому. Статистичні дані страхового ринку (валові страхові премії) зарубіжних країн отримані з офіційного сайту Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD). Інформацію щодо ринку України взято з офіційних сайтів Державної служби статистики України та Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг України.

Сформовано та перевірено нульову (не існує жодного статистично значимого впливу разом інфляції та страхування на два чи хоча б один з показників безпеки продовольчого ринку) та альтернативну (вплив разом інфляції та страхування на два чи хоча б на один з показників безпеки продовольчого ринку, зокрема частки експорту та імпорту в структурі всього товарного, відповідно, експорту та імпорту країни, є статистично значимим) гіпотези.

Оцінка впливу факторних показників на результуючі здійснена шляхом кореляційно-регресійного аналізу та розрахунку коефіцієнтів кореляції і детермінації, статистичної значимості F , r -значення для вільного члена рівняння регресії та побудову двофакторних рівнянь регресії цільових функцій безпеки продовольчого ринку. Результати дослідження показали, що і для України, і для більшості зарубіжних прийнятною є нульова гіпотеза, тобто вплив разом і інфляції, і страхування на показники безпеки продовольчого ринку є статистично незначимими. Для решти країн (Франція, Туреччина, Італія, Велика Британія) вплив факторних показників на цільову функцію є статистично значимим, тобто прийнятною є альтернативна гіпотеза.

Ключові слова: страхування, інфляція, безпека, продовольчий ринок, експорт, імпорт.

Постановка проблеми. Фінансово-економічний і соціально-політичний розвиток країн у сучасних умовах все більше стає залежним від факторів глобалізації, що, у свою чергу, робить взаємозв'язок між державами все більш чутливим до змін і диспропорцій соціально-економічного та політичного станів. При цьому особливо гостр постає проблема забезпечення безпеки продовольчого ринку та досягнення макро- та мікроекономічної стабільності в країнах. Дослідження впливу інфляції та страхування на безпеку продовольчого ринку є важливим науковим завданням з точки зору аналізу факторів підвищення конкурентоспроможності підприємств агропромислового комплексу, а тому це питання потребує детального та комплексного дослідження. Саме тому досить актуальним є вивчення впливу таких економічних факторів, як інфляція (індекс споживчих цін) і страхування (валові страхові премії) на показники частки експорту та імпорту харчових продуктів у загальній товарній структурі експорту та імпорту, що є одним із тих показників, які характеризують безпеку продовольчого ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення впливу інфляції на страхування на безпеку продовольчого ринку є об'єктом досліджень багатьох провідних учених-економістів [1; 2]. Так, Каюм і Султана (Qayyum and Sultana) вивчали взаємозв'язок продовольчої інфляції та валового внутрішнього продукту (далі — ВВП), імпорту й експорту продуктів харчування, податків і пропозиції грошей на ринку. При цьому результати дослідження показали, що особливу увагу для подальшого аналізу такої взаємодії потрібно приділити саме факторам імпорту й експорту продуктів харчування [3]. Крім цього, емпіричні дослідження [4] і [5] показують позитивний кореляційний зв'язок між інфляцією та імпортом. Також варто відмітити, що ґрунтовні дослідження взаємозв'язку безпеки продовольчого ринку, цін та інфляції на продукти харчування були представлені у наукових працях Газдар і Малла (Gazdar and Mallah): дослідження продовольчої безпеки серед сільських і міських домогосподарств для кращого розуміння сприйняття й оцінки поведінки споживачів [6]. Левендал, Якобсен і Жак (Løvendal, Jakobsen and Jacque) вивчали ціноутворення на харчові продукти, їх причинність, а також потенційний вплив на продовольчу безпеку [7]. Хуппе, Шоу, Діон, Воора (Hupré, Shaw, Dion, Voora) на прикладі Марокко проаналізували продовольчу безпеку й торговельну політику в контексті сучасних економічних глобалізаційних процесів [8].

Наступним фактором впливу на безпеку продовольчого ринку є страхування. Огляд літератури показує особливу актуальність аналізу, адже, незважаючи на велику кількість досліджень із зазначеної теми, все ще існує багато спірних і невіршених питань. Так, у [9—17] вивчали різні аспекти й особливості взаємозв'язку страхування та безпеки продовольчого ринку. Так, дослідження Ісабоке (Isaboke) показали позитивний ефект індексного страхування на продовольчу безпеку [9]. Схожі наукові результати також були в Акінрінола та Окунола (Akinrinola and Okunola), які досліджували агрострахування в Нігерії [10]. При цьому, на думку Марзаа (Mârzaa), страхування не може повною мірою забезпечити безпеку продовольчого ринку [11], але є важливим елементом цього [12].

При цьому варто відмітити, що вагомими науковими результатами дослідження впливу страхування на безпеку продовольчого ринку були описані у працях Кім, Пендел і Ю (Kim, Pendell and Yu), де припускається, що одним із ключових ефектів впливу страхування на безпеку продовольчого ринку є зменшення інвестування [13]. Чжао і Прекель (Zhao and Preckel) проводили емпіричні дослідження впливу страхування на дохід фермерських господарств [14]. Також проводилися дослідження впливу субсидованого страхування врожаю на вибір сільськогосподарських культур [15], особливості ризик-менеджменту при страхуванні [16; 17].

Варто відмітити, що серед вітчизняних дослідників впливу страхування на конкурентоспроможність підприємств агропромислового комплексу найбільш вагомими результатами представлені в працях Л. Шірінян та М. Арича (Shirinyan and Aruch). Науковці вивчають зв'язок між конкурентоспроможністю підприємств харчової промисловості та частиною грошей, що виділяється підприємством на страхування. Результати дослідження показують, що підприємства харчової промисловості з високою конкурентоспроможністю більш схильні до страхування [18].

Метою дослідження є аналіз впливу факторів інфляції та страхування на безпеку продовольчого ринку.

Матеріали і методи. Джерелами матеріалів, що були опрацьовані в науковому дослідженні, є статистичні дані Світового банку (The World Bank) щодо інфляції (індексу споживчих цін), вибрані для дослідження показників безпеки продовольчого ринку (частка імпорту й експорту продуктів харчування в товарній структурі імпорту чи експорту в цілому) [19], і статистична інформація Організації економічного співробітництва та розвитку (Organisation for Economic Co-operation and Development — OECD) щодо страхового ринку (OECD Insurance Statistics): валові страхові премії (total gross insurance premiums) [20] в контексті дослідження зарубіжного ринку на прикладі 17 країн за 1983—2018 рр. (Австралія (AU), Бельгія (BE), Данія (DK), за винятком 2009—2010 рр., Фінляндія (FI), Франція (FR), Німеччина (DE), Ісландія (IS), Ірландія (IE), за винятком 2002 р., Італія (IT), Японія (JP), Нідерланди (NL), Норвегія (NO), за винятком 1986—1987 рр., Португалія (PT), за винятком 2000 р., Іспанія (ES), Туреччина (TR), Швейцарія (CH), Велика Британія (GB), за винятком 1983—1984 років.

Дослідження вітчизняного ринку України здійснювалося на основі статистичних даних за 2002—2019 рр., при цьому джерелами даних були дані Державної служби статистики України [21] та Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг України [22].

Дослідження впливу інфляції та страхування на безпеку продовольчого ринку було проведено шляхом кореляційно-регресійного аналізу, що включав розрахунок коефіцієнтів кореляції (r) та детермінації (r^2), статистичної значимості F (Sign. F), p -значення (p -value) для вільного члена рівняння регресії (Y_0) та побудову двофакторних рівнянь регресії цільових функцій Y_1 (експорт продуктів харчування країни — % від усього товарного експорту країни) та Y_2 (імпорт

продуктів харчування країни — % від всього товарного імпорту країни) відповідно до формул (1) та (2):

$$Y_1 = Y_0 + a_1X_1 + a_2X_2; \quad (1)$$

$$Y_2 = Y_0 + a_1X_1 + a_2X_2, \quad (2)$$

де Y_0 — вільний член регресії; X_1 — інфляція (індекс споживчих цін), вимірюється у % річних; X_2 — валові страхові премії, вимірюються у мільярдах доларів США за рік (для ринку України у млн грн); a_1, a_2 — коефіцієнти регресії при незалежних змінних X_1 та X_2 , вплив яких на результуючі показники безпеки продовольчого ринку досліджується.

Побудова рівнянь регресії Y_1 та Y_2 здійснювалась з урахуванням значення показника p -value для кожного із a_1 та a_2 , при цьому якщо p -value є меншим ніж 5,0% (0,05), то відповідний коефіцієнт при X_1 або X_2 є статистично значимим і може бути включеним у рівняння регресії. У протилежному випадку коефіцієнт X_1 або X_2 не включається в регресійну модель [23].

У контексті нашого дослідження сформульовано такі гіпотези:

1. *Нульова гіпотеза H_0* — не існує жодного статистично значимого впливу разом інфляції та страхування на два чи хоча б один з показників безпеки продовольчого ринку: частки експорту та імпорту в структурі всього товарного експорту та імпорту країни. У цьому разі критерієм прийняття H_0 є результати аналізу впливу факторних показників на результуючі, де коефіцієнт кореляції r знаходиться в діапазоні $0 < r < 0,5$, при цьому p -значення є більшим ніж чи рівним 5,0% (0,05).

2. *Альтернативна гіпотеза H_1* — вплив разом інфляції та страхування на два чи хоча б на один з показників безпеки продовольчого ринку (частки експорту та імпорту в структурі всього товарного, відповідно, експорту та імпорту країни) є статистично значимим. Критеріями прийняття H_1 є коефіцієнт кореляції в межах $0,5 < r < 1$ та p -значення менші за 5,0% (0,05).

Викладення основних результатів дослідження. Дослідження впливу інфляції та страхування на безпеку продовольчого ринку було проведено на основі побудови двофакторних рівнянь регресії та розрахунків інших необхідних для якісного та повного кореляційно-регресійного аналізу статистичних показників. Однак перед проведенням розрахунків необхідно проаналізувати динаміку статистичних даних факторних показників і відповідних цільових функцій.

Наступним етапом дослідження є перевірка нульової (H_0) та альтернативної (H_1) гіпотез, а також продовження кореляційно-регресійного аналізу й побудова двофакторних рівнянь регресії. Відомо, що нульова гіпотеза вважається вірною, поки не доведено, що вона є помилковою [24]. Відповідно до нульової гіпотези H_0 вважається, що не існує жодного статистично значимого зв'язку між досліджуваними показниками, натомість альтернативна гіпотеза H_1 вказує на факт наявності вказаного значимого між вимірюваними явищами чи процесами. При цьому, зазвичай, гіпотези перевіряють на основі значень коефіцієнта кореляції та p -значення (p -value), що характеризує статистичну значимість взаємозв'язку між досліджуваними показниками.

Аналіз статистичних даних ринку зарубіжних країн. Дослідження даних зарубіжних країн починаємо із вивчення зміни показників інфляції (табл. 1).

Таблиця 1. Динаміка показників інфляції (X_i) вибраних для дослідження 17 зарубіжних країн за 1983—2018 роки [19]

| Рік | Інфляція (у %) у країнах, які позначено дволітерним кодом відповідно до ISO 3166-2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|-------|-----|
| | AU | BE | DK | FI | FR | DE | IS | IE | IT | JP | NL | NO | PT | ES | CH | TR | GB |
| 1983 | 10,0 | 7,7 | 6,9 | 8,4 | 9,5 | 3,3 | 8,4 | 10,4 | 14,6 | 1,9 | 2,7 | 8,5 | 24,0 | 12,2 | 2,9 | 31,4 | 4,6 |
| 1984 | 4,0 | 6,3 | 6,3 | 7,1 | 7,7 | 2,4 | 31 | 8,7 | 10,8 | 2,3 | 3,3 | 6,2 | 28,4 | 11,3 | 2,9 | 48,4 | 5,0 |
| 1985 | 6,7 | 4,9 | 4,7 | 5,2 | 5,8 | 2,1 | 32 | 5,4 | 9,2 | 2,0 | 2,3 | 5,7 | 19,5 | 8,8 | 3,4 | 45,0 | 6,1 |
| 1986 | 9,1 | 1,3 | 3,7 | 2,9 | 2,5 | -0,1 | 22 | 3,8 | 5,8 | 0,6 | 0,1 | 7,2 | 12,3 | 8,8 | 0,8 | 34,6 | 3,4 |
| 1987 | 8,5 | 1,6 | 4,0 | 4,1 | 3,3 | 0,2 | 18 | 3,2 | 4,7 | 0,1 | -0,7 | 8,7 | 9,6 | 5,2 | 1,4 | 38,9 | 4,1 |
| 1988 | 7,2 | 1,2 | 4,5 | 5,1 | 2,7 | 1,3 | 26 | 2,1 | 5,1 | 0,7 | 0,7 | 6,7 | 10,1 | 4,8 | 1,9 | 68,8 | 4,2 |
| 1989 | 7,5 | 3,1 | 4,8 | 6,6 | 3,5 | 2,8 | 21 | 4,1 | 6,3 | 2,3 | 1,1 | 4,5 | 12,7 | 6,8 | 3,2 | 63,3 | 5,8 |
| 1990 | 7,3 | 3,4 | 2,6 | 6,1 | 3,2 | 2,7 | 16 | 3,3 | 6,5 | 3,1 | 2,5 | 4,1 | 13,6 | 6,7 | 5,4 | 60,3 | 8,1 |
| 1991 | 3,2 | 3,2 | 2,4 | 4,3 | 3,2 | 4,0 | 6,8 | 3,2 | 6,2 | 3,3 | 3,2 | 3,4 | 11,8 | 5,9 | 5,9 | 66,0 | 7,5 |
| 1992 | 1,0 | 2,4 | 2,1 | 2,9 | 2,4 | 5,1 | 3,9 | 3,1 | 5,3 | 1,8 | 3,2 | 2,3 | 9,6 | 5,9 | 4,0 | 70,1 | 4,6 |
| 1993 | 1,8 | 2,8 | 1,3 | 2,2 | 2,1 | 4,5 | 4,0 | 1,5 | 4,6 | 1,2 | 2,6 | 2,3 | 6,8 | 4,6 | 3,3 | 66,1 | 2,6 |
| 1994 | 2,0 | 2,4 | 2,0 | 1,1 | 1,7 | 2,7 | 1,6 | 2,3 | 4,1 | 0,7 | 2,8 | 1,4 | 5,4 | 4,7 | 0,9 | 105,2 | 2,2 |
| 1995 | 4,6 | 1,5 | 2,1 | 0,8 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 2,5 | 5,2 | -0,1 | 1,9 | 2,5 | 4,2 | 4,7 | 1,8 | 89,1 | 2,7 |
| 1996 | 2,6 | 2,1 | 2,1 | 0,6 | 2,0 | 1,4 | 2,3 | 1,8 | 4,0 | 0,1 | 2,1 | 1,3 | 3,1 | 3,6 | 0,8 | 80,4 | 2,9 |
| 1997 | 0,2 | 1,6 | 2,2 | 1,2 | 1,2 | 1,9 | 1,8 | 1,5 | 2,0 | 1,7 | 2,1 | 2,6 | 2,3 | 2,0 | 0,5 | 85,7 | 2,2 |
| 1998 | 0,9 | 0,9 | 1,8 | 1,4 | 0,7 | 0,9 | 1,7 | 2,4 | 2,0 | 0,7 | 2,0 | 2,3 | 2,6 | 1,8 | 0,0 | 84,6 | 1,8 |
| 1999 | 1,5 | 1,1 | 2,5 | 1,2 | 0,5 | 0,6 | 3,2 | 1,6 | 1,7 | -0,3 | 2,2 | 2,4 | 2,3 | 2,3 | 0,8 | 64,9 | 1,8 |
| 2000 | 4,5 | 2,5 | 2,9 | 3,0 | 1,7 | 1,4 | 5,1 | 5,6 | 2,5 | -0,7 | 2,4 | 3,1 | 2,9 | 3,4 | 1,6 | 54,9 | 1,2 |
| 2001 | 4,4 | 2,5 | 2,3 | 2,6 | 1,6 | 2,0 | 6,4 | 4,9 | 2,8 | -0,7 | 4,2 | 3,0 | 4,4 | 3,6 | 1,0 | 54,4 | 1,5 |
| 2002 | 3,0 | 1,6 | 2,4 | 1,6 | 1,9 | 1,4 | 5,2 | 4,6 | 2,5 | -0,9 | 3,3 | 1,3 | 3,6 | 3,1 | 0,6 | 45,0 | 1,5 |
| 2003 | 2,7 | 1,6 | 2,1 | 0,9 | 2,1 | 1,0 | 2,1 | 3,5 | 2,7 | -0,3 | 2,1 | 2,5 | 3,2 | 3,0 | 0,6 | 21,6 | 1,4 |
| 2004 | 2,3 | 2,1 | 1,2 | 0,2 | 2,1 | 1,7 | 3,2 | 2,2 | 2,2 | 0,0 | 1,3 | 0,5 | 2,4 | 3,0 | 0,8 | 8,6 | 1,4 |
| 2005 | 2,7 | 2,8 | 1,8 | 0,6 | 1,7 | 1,5 | 4,0 | 2,4 | 2,0 | -0,3 | 1,7 | 1,5 | 2,3 | 3,4 | 1,2 | 8,2 | 2,1 |
| 2006 | 3,6 | 1,8 | 1,9 | 1,6 | 1,7 | 1,6 | 6,7 | 3,9 | 2,1 | 0,2 | 1,1 | 2,3 | 3,1 | 3,5 | 1,1 | 9,6 | 2,5 |
| 2007 | 2,3 | 1,8 | 1,7 | 2,5 | 1,5 | 2,3 | 5,1 | 4,9 | 1,8 | 0,1 | 1,6 | 0,7 | 2,5 | 2,8 | 0,7 | 8,8 | 2,4 |
| 2008 | 4,4 | 4,5 | 3,4 | 4,1 | 2,8 | 2,6 | 13 | 4,1 | 3,3 | 1,4 | 2,5 | 3,8 | 2,6 | 4,1 | 2,4 | 10,4 | 3,5 |
| 2009 | 1,8 | -0,1 | 1,3 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 12 | -4,5 | 0,8 | -1,4 | 1,2 | 2,2 | -0,8 | -0,3 | -0,5 | 6,3 | 2,0 |
| 2010 | 2,9 | 2,2 | 2,3 | 1,2 | 1,5 | 1,1 | 5,4 | -0,9 | 1,5 | -0,7 | 1,3 | 2,4 | 1,4 | 1,8 | 0,7 | 8,6 | 2,5 |
| 2011 | 3,3 | 3,5 | 2,8 | 3,4 | 2,1 | 2,1 | 4,0 | 2,6 | 2,8 | -0,3 | 2,3 | 1,3 | 3,7 | 3,2 | 0,2 | 6,5 | 3,9 |
| 2012 | 1,8 | 2,8 | 2,4 | 2,8 | 2,0 | 2,0 | 5,2 | 1,7 | 3,0 | -0,1 | 2,5 | 0,7 | 2,8 | 2,4 | -0,7 | 8,9 | 2,6 |
| 2013 | 2,4 | 1,1 | 0,8 | 1,5 | 0,9 | 1,5 | 3,9 | 0,5 | 1,2 | 0,3 | 2,5 | 2,1 | 0,3 | 1,4 | -0,2 | 7,5 | 2,3 |
| 2014 | 2,5 | 0,3 | 0,6 | 1,0 | 0,5 | 0,9 | 2,0 | 0,2 | 0,2 | 2,8 | 1,0 | 2,0 | -0,3 | -0,2 | 0,0 | 8,9 | 1,5 |
| 2015 | 1,5 | 0,6 | 0,5 | -0,2 | 0,0 | 0,5 | 1,6 | -0,3 | 0,0 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | 0,5 | -0,5 | -1,1 | 7,7 | 0,4 |
| 2016 | 1,3 | 2,0 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,5 | 1,7 | 0,0 | -0,1 | -0,1 | 0,3 | 3,6 | 0,6 | -0,2 | -0,4 | 7,8 | 1,0 |
| 2017 | 1,9 | 2,1 | 1,1 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 1,8 | 0,3 | 1,2 | 0,5 | 1,4 | 1,9 | 1,4 | 2,0 | 0,5 | 11,1 | 2,6 |
| 2018 | 1,9 | 2,1 | 0,8 | 1,1 | 1,9 | 1,7 | 2,7 | 0,5 | 1,1 | 1,0 | 1,7 | 2,8 | 1,0 | 1,7 | 0,9 | 16,3 | 2,3 |

Дані табл. 1 показують, що практично для всіх країн спостерігається зменшення значення інфляції, якщо порівнювати її величину на початок періоду дослідження (1983 р.) та на кінець — 2018 рік. При цьому значення іншого факторного показника — страхових премій, навпаки, зростає (табл. 2).

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ І МАРКЕТИНГ

Таблиця 2. Динаміка показників валових страхових премій (Х₂) вибраних для дослідження 17 зарубіжних країн за 1983—2018 роки [20]

| Рік | Страхові премії у країнах (млрд USD), які позначено дволітерним кодом відповідно до ISO 3166-2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|------|------|------|-------|------|-----|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|-----|-------|
| | AU | BE | DK | FI | FR | DE | IS | IE | IT | JP | NL | NO | PT | ES | CH | TR | GB |
| 1983 | 4,4 | 4,4 | 2,0 | 2,3 | 26,3 | 45 | 0,1 | 1,4 | 6,8 | 68,8 | 9,6 | 2,9 | 0,3 | 2,4 | 11,6 | 0,2 | — |
| 1984 | 8,6 | 4,2 | 2,3 | 2,2 | 26,5 | 42 | 0,1 | 1,7 | 7,1 | 76,7 | 8,8 | 2,9 | 0,3 | 2,6 | 10,3 | 0,3 | — |
| 1985 | 7,4 | 4,2 | 2,8 | 2,4 | 28,3 | 42,1 | 0,1 | 1,6 | 7,8 | 88,5 | 9,0 | 3,2 | 0,4 | 2,9 | 11,1 | 0,3 | 42 |
| 1986 | 4,0 | 5,9 | 3,7 | 3,5 | 40,9 | 57,3 | 0,1 | 2,2 | 11,7 | 146,2 | 12,6 | 4,3 | 0,6 | 6,4 | 15,7 | 0,3 | 59 |
| 1987 | 12,4 | 7,5 | 5,0 | 4,5 | 54,0 | 71,8 | 0,2 | 3,3 | 16,1 | 192,9 | 15,8 | 5,0 | 0,8 | 9,6 | 20,7 | 0,4 | 40 |
| 1988 | 16,3 | 8,2 | 5,8 | 5,3 | 64,7 | 79,5 | 0,2 | 3,2 | 18,7 | 280,9 | 18,0 | 5,4 | 1,1 | 17,4 | 23,5 | 0,4 | 44 |
| 1989 | 18,7 | 8,2 | 5,5 | 5,6 | 68,0 | 78,7 | 0,2 | 3,5 | 19,7 | 277,2 | 18,2 | 5,2 | 1,2 | 13,0 | 22,7 | 0,5 | 45 |
| 1990 | 21,3 | 10,2 | 6,9 | 7,7 | 82,6 | 95,6 | 0,2 | 4,0 | 26,0 | 258,3 | 23,8 | 5,9 | 1,9 | 14,1 | 27,3 | 0,9 | 55 |
| 1991 | 20,7 | 10,7 | 7,1 | 7,7 | 88,6 | 107 | 0,3 | 4,1 | 29,5 | 286,8 | 23,8 | 6,1 | 2,2 | 16,7 | 29,0 | 1,0 | 61 |
| 1992 | 19,3 | 12,0 | 8,3 | 7,2 | 103,8 | 149 | 0,3 | 4,6 | 35,7 | 316,2 | 27,7 | 6,7 | 2,8 | 19,6 | 32,7 | 1,2 | 72 |
| 1993 | 27,2 | 11,4 | 8,1 | 3,0 | 108,5 | 150 | 0,2 | 4,8 | 35,3 | 372,8 | 26,3 | 6,0 | 3,1 | 19,4 | 33,7 | 1,6 | 139 |
| 1994 | 13,9 | 12,2 | 9,8 | 3,2 | 119,7 | 166 | 0,2 | 5,0 | 38,5 | 406,6 | 29,3 | 2,7 | 3,6 | 24,5 | 38,0 | 1,1 | 138 |
| 1995 | 14,1 | 14,8 | 11,2 | 4,3 | 141,4 | 192 | 0,2 | 5,9 | 46,9 | 448,4 | 34,8 | 3,0 | 4,7 | 27,4 | 45,4 | 1,4 | 140 |
| 1996 | 32,7 | 15,4 | 12,2 | 5,2 | 147,8 | 192 | 0,2 | 6,9 | 48,8 | 376,5 | 36,0 | 7,0 | 5,5 | 29,4 | 39,0 | 1,6 | 149 |
| 1997 | 37,3 | 14,8 | 11,6 | 4,6 | 140,6 | 179 | 0,2 | 7,9 | 51,8 | 344,1 | 34,8 | 7,3 | 5,1 | 28,5 | 34,7 | 1,9 | 166 |
| 1998 | 34,6 | 17,0 | 12,8 | 5,3 | 123,4 | 179 | 0,2 | 11 | 62,1 | 300,6 | 38,2 | 7,2 | 6,0 | 29,8 | 36,5 | 2,1 | 191 |
| 1999 | 39,5 | 18,3 | 12,0 | 5,9 | 129,1 | 181 | 0,2 | 14 | 71,2 | 328,6 | 39,1 | 7,3 | 6,9 | 35,3 | 35,7 | 2,6 | 215,2 |
| 2000 | 34,9 | 18,5 | 10,7 | 6,2 | 128,4 | 165 | 0,3 | 21 | 68,0 | 342,4 | 37,5 | 7,5 | — | 39,0 | 34,0 | 3,2 | 256,4 |
| 2001 | 31,6 | 18,5 | 11,7 | 5,4 | 122,1 | 166 | 0,2 | 15 | 73,7 | 302,6 | 39,5 | 8,3 | 7,2 | 38,7 | 38,5 | 2,3 | 231 |
| 2002 | 36,3 | 19,6 | 14,5 | 5,8 | 131,9 | 193 | 0,3 | — | 89,1 | 298,8 | 41,7 | 10,3 | 8,1 | 46,8 | 44,1 | 2,5 | 253 |
| 2003 | 40,8 | 29,2 | 15,3 | 6,5 | 173,5 | 236 | 0,4 | 25 | 118 | 316,1 | 52,2 | 12,7 | 10,7 | 49,4 | 42,6 | 3,4 | 298 |
| 2004 | 47,5 | 35,4 | 17,6 | 7,3 | 211,5 | 292 | 0,4 | 33 | 135 | 329,5 | 60,6 | 15,1 | 12,9 | 59,1 | 45,1 | 4,8 | 336 |
| 2005 | 49,7 | 41,6 | 21,1 | 7,8 | 234,4 | 296 | 0,0 | 39 | 146 | 340,4 | 60,4 | 17,2 | 16,7 | 63,7 | 43,3 | 5,3 | 359 |
| 2006 | 51,3 | 37,1 | 23,7 | 7,8 | 292,6 | 264 | 0,5 | 46 | 148 | 320,0 | 57,4 | 16,2 | 16,2 | 72,3 | 41,9 | 5,9 | 526 |
| 2007 | 67,0 | 43,1 | 28,5 | 8,3 | 313,1 | 281 | 0,6 | 63 | 147,3 | 359,8 | 65,3 | 19,8 | 18,7 | 78,5 | 45,5 | 8,4 | 645 |
| 2008 | 65,7 | 43,0 | 32,5 | 9,1 | 279,5 | 303 | 0,5 | 87 | 144 | 414,6 | 71,9 | 24,2 | 22,6 | 91,8 | 57,0 | 9,1 | 455 |
| 2009 | 57,7 | 39,7 | — | 9,5 | 302,2 | 248 | 0,3 | 47 | 168 | 482,1 | 67,4 | 9,3 | 19,8 | 85,5 | 57,2 | 8,5 | 343 |
| 2010 | 70,8 | 39,2 | — | 11,6 | 297,3 | 241 | 0,4 | 45 | 170 | 518,8 | 52,5 | 20,6 | 21,1 | 76,4 | 61,6 | 10 | 325 |
| 2011 | 84,5 | 40,9 | 33,8 | 10,1 | 289,1 | 256 | 0,4 | 45 | 157 | 590,3 | 58,7 | 23,8 | 15,6 | 86,4 | 71,5 | 10 | 339 |
| 2012 | 85,9 | 41,9 | 32,7 | 9,4 | 258,6 | 303 | 0,4 | 46 | 138 | 475,1 | 51,3 | 25,7 | 13,6 | 72,9 | 70,2 | 11 | 369 |
| 2013 | 87,6 | 37,5 | 22,5 | 13,1 | 275,8 | 334 | 0,4 | 45 | 161 | 349,9 | 51,1 | 25,5 | 17,0 | 77,2 | 74,3 | 13 | 340 |
| 2014 | 97,0 | 38,3 | 37,1 | 14,1 | 294,0 | 339 | 0,4 | 53 | 194 | 347,1 | 48,6 | 26,5 | 18,7 | 76,6 | 74,5 | 12 | 366 |
| 2015 | 78,8 | 30,7 | 32,0 | 11,9 | 250,9 | 293 | 0,4 | 49 | 166 | 313,8 | 37,4 | 20,6 | 13,9 | 65,5 | 70,4 | 12 | 337 |
| 2016 | 74,1 | 30,4 | 33,5 | 10,0 | 314,3 | 295 | 0,5 | 54 | 151 | 434,7 | 77,4 | 20,2 | 12,1 | 73,7 | 67,5 | 14 | 404 |
| 2017 | 72,3 | 30,8 | 37,5 | 10,1 | 314,3 | 311 | 0,6 | 50 | 151 | 390,1 | 80,5 | 20,4 | 12,9 | 74,2 | 67,8 | 13 | 394 |
| 2018 | 70,0 | 33,7 | 41,0 | 5,2 | 338,7 | 336 | 0,7 | 48 | 164 | 402,8 | 87,0 | 22,0 | 14,9 | 78,6 | 69,5 | 11 | 469 |

Відповідно до даних табл. 3 динаміка страхових премій практично завжди протягом 1983—2018 рр. була позитивною. Дані часток експорту продуктів харчування у всій структурі товарного експорту наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Динаміка показників питомої ваги (у %) експорту продуктів харчування у загальному товарному експорті (Y₁) вибраних для дослідження 17 зарубіжних країн за 1983—2018 роки [19]

| Рік | Експорт продуктів харчування у країнах (у % від усього товарного імпорту країни), які позначено дволітерним кодом відповідно до ISO 3166-2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|------|------|-----|------|-----|------|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|------|-----|
| | AU | BE | DK | FI | FR | DE | IS | IE | IT | JP | NL | NO | PT | ES | CH | TR | GB |
| 1983 | 25,0 | 10,2 | 31,3 | 3,8 | 16,9 | 5,5 | 71,1 | 27,9 | 6,7 | 1,0 | 20,6 | 6,7 | 11,3 | 15,7 | 3,5 | 38,3 | 7,2 |
| 1984 | 28,7 | 10,9 | 31,1 | 3,6 | 16,4 | 5,5 | 70,6 | 25,7 | 6,9 | 0,9 | 20,3 | 5,9 | 11,0 | 15,6 | 3,4 | 30,8 | 6,9 |
| 1985 | 24,8 | 10,3 | 30,3 | 3,4 | 16,3 | 5,2 | 77,9 | 25,3 | 7,5 | 0,8 | 19,4 | 5,7 | 9,4 | 14,9 | 3,3 | 25,2 | 6,6 |
| 1986 | 27,3 | 10,2 | 31,0 | 2,7 | 16,3 | 5,1 | 79,9 | 25,9 | 6,7 | 0,8 | 20,6 | — | 8,9 | 16,3 | 3,2 | 29,9 | 7,9 |
| 1987 | 24,2 | 10,3 | 29,6 | 2,3 | 16,2 | 4,9 | 79,3 | 27,3 | 6,5 | 0,7 | 21,4 | — | 8,0 | 17,8 | 3,1 | 25,3 | 7,4 |
| 1988 | 22,4 | 10,0 | 27,7 | 1,9 | 16,5 | 5,0 | 74,7 | 26,6 | 6,6 | 0,7 | 20,7 | 8,4 | 8,1 | 17,2 | 2,8 | 24,5 | 6,9 |
| 1989 | 23,7 | 9,7 | 27,6 | 2,0 | 16,3 | 4,9 | 74,7 | 24,1 | 6,3 | 0,6 | 20,3 | 6,8 | 7,5 | 15,8 | 2,8 | 22,9 | 7,1 |
| 1990 | 22,7 | 9,4 | 27,2 | 2,4 | 15,8 | 4,8 | 79,8 | 22,3 | 6,3 | 0,6 | 19,9 | 6,9 | 7,1 | 14,7 | 2,8 | 22,4 | 7,0 |
| 1991 | 20,9 | 10,3 | 27,2 | 2,5 | 15,3 | 5,3 | 83,6 | 22,7 | 6,9 | 0,6 | 20,3 | 7,6 | 7,8 | 15,4 | 2,9 | 26,0 | 8,0 |
| 1992 | 22,1 | 10,8 | 26,1 | 2,5 | 15,6 | 5,4 | 83,0 | 24,4 | 7,1 | 0,6 | 21,2 | 8,0 | 7,5 | 15,2 | 2,9 | 22,7 | 8,1 |
| 1993 | 24,3 | 10,7 | 25,7 | 3,1 | 16,0 | 5,5 | 82,1 | 21,9 | 6,9 | 0,6 | 21,4 | 8,0 | 7,1 | 15,9 | 3,0 | 22,6 | 7,7 |
| 1994 | 24,9 | 10,5 | 25,1 | 3,4 | 14,8 | 5,4 | 79,1 | 20,6 | 6,7 | 0,5 | 21,1 | 8,8 | 7,1 | 15,9 | 3,1 | 21,9 | 7,5 |
| 1995 | 22,2 | 10,3 | 24,0 | 2,3 | 14,4 | 5,2 | 75,5 | 19,4 | 6,6 | 0,5 | 19,8 | 8,3 | 7,2 | 15,5 | 3,0 | 19,6 | 7,6 |
| 1996 | 24,8 | 10,1 | 23,0 | 2,8 | 14,0 | 5,2 | 76,3 | 16,5 | 6,6 | 0,5 | 19,0 | 7,8 | 7,3 | 15,5 | 2,9 | 19,7 | 7,0 |
| 1997 | 24,4 | 10,5 | 23,4 | 2,8 | 13,7 | 4,9 | 74,2 | 11,9 | 6,4 | 0,5 | 16,0 | 7,8 | 7,2 | 15,9 | 2,8 | 19,6 | 6,6 |
| 1998 | 22,3 | 10,4 | 22,5 | 2,3 | 12,8 | 4,9 | 75,1 | 10,1 | 6,4 | 0,5 | 17,0 | 10,0 | 7,1 | 15,3 | 2,7 | 17,4 | 6,4 |
| 1999 | 24,6 | 10,0 | 20,8 | 1,9 | 12,4 | 4,7 | 69,6 | 9,4 | 6,7 | 0,5 | 17,2 | 9,1 | 6,9 | 14,6 | 2,6 | 15,4 | 6,1 |
| 2000 | 20,7 | 8,9 | 19,7 | 1,6 | 11,0 | 4,2 | 65,2 | 8,3 | 6,1 | 0,5 | 12,7 | 6,4 | 6,8 | 13,5 | 2,5 | 12,8 | 5,3 |
| 2001 | 21,5 | 9,2 | 20,1 | 1,9 | 10,6 | 4,6 | 63,6 | 7,3 | 6,3 | 0,8 | 12,8 | 6,2 | 7,1 | 14,6 | 2,5 | 12,7 | 5,1 |
| 2002 | 21,8 | 8,5 | 19,4 | 1,9 | 11,2 | 4,6 | 64,4 | 7,2 | 6,7 | 0,5 | 14,0 | 6,6 | 7,7 | 15,1 | 2,4 | 10,1 | 5,4 |
| 2003 | 19,3 | 8,7 | 19,3 | 1,9 | 11,6 | 4,3 | 64,1 | 8,3 | 6,8 | 0,5 | 14,3 | 5,9 | 7,6 | 15,1 | 2,6 | 10,0 | 5,9 |
| 2004 | 21,8 | 8,3 | 18,6 | 1,9 | 11,0 | 4,1 | 62,1 | 8,4 | 6,5 | 0,5 | 13,4 | 5,6 | 6,4 | 14,5 | 2,6 | 9,3 | 5,7 |
| 2005 | 16,8 | 8,0 | 17,6 | 1,8 | 10,7 | 4,5 | 58,5 | 8,4 | 6,5 | 0,5 | 12,6 | 5,2 | 8,3 | 14,1 | 2,6 | 10,5 | 5,1 |
| 2006 | 15,4 | 7,8 | 17,5 | 1,8 | 10,4 | 4,4 | 53,0 | 9,7 | 6,3 | 0,5 | 12,2 | 4,9 | 8,4 | 13,5 | 2,8 | 9,3 | 4,6 |
| 2007 | 13,5 | 7,9 | 17,2 | 2,0 | 10,9 | 4,3 | 43,2 | 10,1 | 6,3 | 0,5 | 12,5 | 5,0 | 9,2 | 13,5 | 3,1 | 8,4 | 5,5 |
| 2008 | 12,3 | 8,6 | 17,1 | 2,2 | 11,6 | 5,1 | 38,2 | 9,7 | 6,8 | 0,5 | 13,0 | 4,4 | 10,4 | 14,2 | 3,4 | 8,3 | 5,5 |
| 2009 | 14,1 | 9,6 | 18,9 | 2,3 | 12,4 | 6,0 | 43,5 | 8,8 | 8,1 | 0,7 | 14,7 | 6,6 | 12,2 | 16,0 | 3,9 | 10,8 | 6,5 |
| 2010 | 11,3 | 8,9 | 18,3 | 2,6 | 12,0 | 5,5 | 41,4 | 9,1 | 7,9 | 0,6 | 13,5 | 7,2 | 11,4 | 15,1 | 3,8 | 10,6 | 6,2 |
| 2011 | 11,5 | 8,8 | 17,6 | 2,8 | 12,7 | 5,5 | 42,6 | 9,8 | 7,7 | 0,6 | 15,8 | 6,3 | 11,2 | 14,4 | 3,7 | 10,6 | 6,0 |
| 2012 | 12,8 | 9,2 | 18,2 | 2,9 | 12,6 | 5,6 | 44,6 | 10,1 | 8,0 | 0,6 | 14,7 | 6,0 | 11,4 | 15,5 | 3,7 | 10,8 | 6,2 |
| 2013 | 13,1 | 9,1 | 18,5 | 3,0 | 13,2 | 5,9 | 47,0 | 11,2 | 8,2 | 0,6 | 15,6 | 7,2 | 11,6 | 15,3 | 4,0 | 11,2 | 6,6 |
| 2014 | 14,0 | 9,4 | 18,4 | 2,7 | 12,7 | 5,8 | 43,8 | 11,4 | 8,3 | 0,7 | 15,6 | 8,1 | 12,2 | 15,6 | 4,0 | 11,4 | 6,9 |
| 2015 | 17,2 | 9,7 | 18,2 | 2,4 | 12,6 | 5,6 | 45,0 | 10,0 | 8,7 | 0,8 | 16,9 | 9,5 | 12,3 | 16,2 | 4,0 | 12,1 | 6,7 |
| 2016 | 15,8 | 10,2 | 20,3 | 2,5 | 12,4 | 5,7 | 47,2 | 9,7 | 9,0 | 0,9 | 16,5 | 13,0 | 12,4 | 17,0 | 3,9 | 11,9 | 7,1 |
| 2017 | 14,9 | 10,2 | 20,4 | 2,6 | 12,4 | 5,6 | 42,6 | 10,5 | 9,0 | 0,9 | 15,9 | 11,9 | 12,1 | 16,2 | 3,9 | 11,0 | 6,9 |
| 2018 | 12,5 | 9,7 | 19,4 | 2,3 | 12,2 | 5,3 | 44,3 | 9,0 | 9,0 | 0,9 | 15,7 | 10,6 | 11,9 | 16,6 | 3,8 | 10,5 | 5,5 |

Динаміка часток експорту продуктів харчування в загальному товарному експорті країн за 1983—2018 рр. була досить-таки різною: зростала, спадала чи була відносно стабільною. Аналогічні дані по імпорту наведено в табл. 4.

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ І МАРКЕТИНГ

Таблиця 4. Динаміка показників питомої ваги (у %) імпорту продуктів харчування у загальному товарному імпорті (Y₂) вибраних для дослідження 17 зарубіжних країн за 1983—2018 роки [19]

| Рік | Імпорт продуктів харчування у країнах (у % від усього товарного імпорту країни), які позначено дволітерним кодом відповідно до ISO 3166-2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| | AU | BE | DK | FI | FR | DE | IS | IE | IT | JP | NL | NO | PT | ES | CH | TR | GB |
| 1983 | 5,7 | 12,1 | 12,1 | 6,1 | 11,3 | 12,4 | 11,6 | 13,0 | 14,4 | 13,7 | 15,6 | 6,9 | 14,4 | 12,7 | 8,4 | 1,8 | 13,0 |
| 1984 | 5,6 | 12,3 | 12,1 | 6,2 | 11,3 | 12,2 | 11,2 | 12,1 | 13,1 | 13,9 | 15,5 | 6,6 | 17,1 | 12,0 | 8,1 | 5,7 | 12,3 |
| 1985 | 5,3 | 11,7 | 11,0 | 5,8 | 11,0 | 12,1 | 10,3 | 12,3 | 14,3 | 13,9 | 14,9 | 6,2 | 14,8 | 10,6 | 8,0 | 5,2 | 11,9 |
| 1986 | 5,3 | 11,7 | 11,7 | 6,5 | 11,7 | 12,6 | 9,8 | 13,0 | 15,1 | 17,6 | 14,9 | — | 13,4 | 12,9 | 7,7 | 4,9 | 12,5 |
| 1987 | 5,5 | 11,3 | 12,4 | 5,9 | 11,1 | 11,9 | 8,1 | 12,4 | 14,6 | 16,6 | 14,9 | — | 13,2 | 11,4 | 7,3 | 5,2 | 11,5 |
| 1988 | 5,2 | 11,2 | 12,6 | 5,8 | 10,7 | 11,5 | 8,6 | 12,4 | 13,7 | 17,2 | 15,7 | 6,1 | 12,7 | 11,3 | 6,8 | 4,2 | 10,5 |
| 1989 | 4,8 | 10,2 | 12,4 | 5,2 | 10,2 | 10,5 | 9,8 | 11,0 | 13,1 | 16,1 | 13,3 | 6,2 | 12,1 | 10,6 | 6,3 | 8,0 | 9,9 |
| 1990 | 5,0 | 9,9 | 11,9 | 4,9 | 9,8 | 10,2 | 9,3 | 10,6 | 12,2 | 14,7 | 12,6 | 5,9 | 11,5 | 10,8 | 6,3 | 8,3 | 10,3 |
| 1991 | 5,3 | 10,5 | 12,4 | 6,0 | 10,3 | 9,9 | 9,2 | 11,4 | 13,2 | 15,7 | 13,2 | 6,3 | 12,8 | 11,8 | 6,6 | 6,0 | 11,1 |
| 1992 | 5,1 | 10,9 | 13,2 | 6,2 | 10,6 | 10,3 | 9,7 | 11,6 | 12,8 | 17,2 | 14,0 | 6,8 | 12,2 | 12,1 | 6,7 | 6,0 | 11,2 |
| 1993 | 5,1 | 11,1 | 13,5 | 6,7 | 11,2 | 10,0 | 11,7 | 10,0 | 13,4 | 17,5 | 14,6 | 6,7 | 13,7 | 13,6 | 6,8 | 5,6 | 10,0 |
| 1994 | 5,0 | 11,1 | 12,5 | 7,0 | 11,2 | 10,3 | 11,6 | 9,8 | 12,7 | 18,1 | 15,1 | 6,9 | 14,3 | 13,6 | 6,9 | 5,0 | 10,3 |
| 1995 | 5,0 | 11,2 | 12,0 | 6,0 | 10,8 | 10,3 | 11,8 | 8,5 | 11,6 | 16,2 | 13,9 | 6,8 | 13,7 | 13,6 | 6,4 | 7,0 | 10,1 |
| 1996 | 4,9 | 10,6 | 12,3 | 6,7 | 10,4 | 9,9 | 10,7 | 8,3 | 11,8 | 15,5 | 13,6 | 7,0 | 13,4 | 12,3 | 6,6 | 6,5 | 10,1 |
| 1997 | 4,9 | 10,7 | 12,6 | 6,7 | 10,0 | 9,2 | 10,2 | 7,8 | 11,1 | 14,7 | 11,0 | 6,6 | 12,6 | 11,8 | 6,3 | 5,4 | 9,4 |
| 1998 | 4,9 | 10,5 | 12,3 | 6,5 | 9,7 | 8,9 | 10,1 | 7,2 | 10,8 | 15,9 | 11,4 | 6,6 | 12,5 | 11,4 | 6,2 | 5,0 | 9,3 |
| 1999 | 4,9 | 9,9 | 12,2 | 6,3 | 9,2 | 8,3 | 10,4 | 7,2 | 10,2 | 15,2 | 11,2 | 7,1 | 12,3 | 10,4 | 6,1 | 5,0 | 8,9 |
| 2000 | 4,6 | 8,4 | 11,4 | 5,2 | 7,9 | 6,6 | 9,4 | 6,3 | 8,6 | 12,8 | 8,6 | 6,5 | 11,3 | 9,2 | 5,5 | 3,9 | 7,8 |
| 2001 | 5,0 | 8,6 | 11,6 | 5,5 | 8,3 | 7,5 | 10,2 | 6,8 | 8,9 | 13,0 | 8,8 | 7,1 | 12,2 | 10,0 | 5,5 | 3,7 | 8,3 |
| 2002 | 5,0 | 8,5 | 11,7 | 5,9 | 8,7 | 7,9 | 11,6 | 7,3 | 9,2 | 13,3 | 9,8 | 7,5 | 12,5 | 10,3 | 5,7 | 3,8 | 8,6 |
| 2003 | 5,2 | 8,7 | 12,3 | 6,0 | 8,8 | 7,4 | 10,4 | 8,3 | 9,5 | 12,3 | 10,3 | 7,6 | 12,7 | 10,0 | 6,0 | 4,2 | 9,1 |
| 2004 | 4,9 | 8,1 | 11,8 | 5,6 | 8,3 | 6,8 | 9,9 | 7,9 | 9,1 | 11,6 | 9,4 | 7,2 | 10,2 | 9,5 | 5,7 | 3,3 | 8,9 |
| 2005 | 4,8 | 7,7 | 11,6 | 5,2 | 7,8 | 7,0 | 7,8 | 7,9 | 8,7 | 10,4 | 8,9 | 6,8 | 11,4 | 9,2 | 5,4 | 2,9 | 8,8 |
| 2006 | 4,9 | 7,3 | 11,3 | 4,8 | 7,4 | 6,6 | 6,8 | 8,3 | 8,2 | 9,0 | 8,5 | 6,6 | 11,4 | 8,4 | 5,2 | 2,6 | 8,1 |
| 2007 | 5,2 | 7,7 | 11,4 | 5,0 | 7,7 | 6,5 | 7,6 | 9,0 | 8,2 | 8,9 | 9,1 | 6,8 | 12,1 | 8,7 | 5,4 | 3,1 | 8,6 |
| 2008 | 5,0 | 8,1 | 12,0 | 5,4 | 8,0 | 7,4 | 8,8 | 10,0 | 8,5 | 8,7 | 9,9 | 7,2 | 12,3 | 9,3 | 5,7 | 4,3 | 9,1 |
| 2009 | 5,8 | 9,2 | 13,2 | 7,3 | 9,3 | 8,5 | 11,5 | 12,0 | 10,2 | 10,5 | 10,9 | 8,4 | 14,5 | 11,2 | 6,3 | 4,4 | 9,7 |
| 2010 | 5,5 | 8,3 | 13,4 | 7,1 | 8,5 | 7,6 | 11,0 | 11,4 | 9,2 | 9,2 | 10,0 | 7,9 | 13,6 | 10,4 | 5,8 | 4,0 | 9,0 |
| 2011 | 5,3 | 8,5 | 13,3 | 6,8 | 8,2 | 7,6 | 10,5 | 11,3 | 9,3 | 9,2 | 12,1 | 8,3 | 14,6 | 10,5 | 5,8 | 4,5 | 9,0 |
| 2012 | 5,2 | 8,7 | 13,7 | 7,4 | 8,4 | 7,9 | 10,3 | 11,8 | 9,8 | 8,9 | 11,8 | 9,0 | 15,1 | 11,1 | 5,6 | 4,5 | 8,9 |
| 2013 | 5,8 | 8,7 | 13,7 | 7,9 | 9,0 | 8,2 | 10,5 | 12,7 | 10,5 | 8,6 | 12,4 | 9,3 | 15,5 | 11,1 | 5,9 | 4,6 | 10,1 |
| 2014 | 6,3 | 9,1 | 13,7 | 7,9 | 9,2 | 8,1 | 10,7 | 11,6 | 11,0 | 8,5 | 12,3 | 9,4 | 14,6 | 10,8 | 6,0 | 5,1 | 10,0 |
| 2015 | 6,7 | 9,2 | 13,9 | 8,4 | 9,4 | 8,2 | 11,3 | 11,1 | 10,9 | 10,0 | 13,9 | 9,5 | 15,0 | 11,3 | 6,2 | 5,3 | 10,1 |
| 2016 | 7,3 | 9,7 | 14,2 | 8,5 | 9,8 | 8,4 | 10,4 | 10,5 | 11,1 | 10,3 | 13,4 | 10,0 | 15,3 | 11,9 | 6,1 | 5,6 | 10,2 |
| 2017 | 6,6 | 9,7 | 13,9 | 8,0 | 9,7 | 8,2 | 9,6 | 10,6 | 10,7 | 10,0 | 13,1 | 9,1 | 14,8 | 11,3 | 6,0 | 5,7 | 10,2 |
| 2018 | 6,6 | 9,0 | 13,7 | 7,5 | 9,4 | 7,7 | 9,6 | 9,9 | 10,0 | 9,4 | 12,7 | 9,2 | 14,1 | 11,1 | 5,7 | 5,9 | 7,0 |

Зміна часток імпорту продуктів харчування в загальному товарному імпорті країн за вказаний період дослідження (1983—2018 рр.) для вибраних для дослідження 17 зарубіжних є досить-таки різною. Так, відносно стабільна динаміка зростання вищевказаного показника, починаючи з 1983 р. і по 2018 р., характерна в основному для Австралії, Норвегії та, можливо, Фінляндії. При цьому спадна

динаміка, що свідчить про зменшення показників питомої ваги, була притаманною для Бельгії, Франції, Німеччина, Японії, Швейцарії тощо. Крім цього, статистика зміни даних для Данії, Ісландії, Нідерландів, Португалії, Іспанії, Туреччини та Великої Британії вказує на різнонаправленість динаміки досліджуваних показників.

Аналіз статистичних даних ринку України. Дослідження статистичних даних для вітчизняного ринку здійснювалась на основі аналогічних даних інфляції, страхування та показників безпеки продовольчого ринку (табл. 5).

Таблиця 5. Динаміка показників інфляції (X_1), страхування (X_2) та безпеки продовольчого ринку (Y_1 , Y_2) України за 2002—2019 роки [21; 22]

| Рік | Потова вага товарної групи «Готові харчові продукти», у % до загального обсягу | | Інфляція, % | Страхові премії, млн грн |
|------|--|------------------|-------------|--------------------------|
| | Експорт (Y_1) | Імпорт (Y_2) | | |
| 2002 | 3,0 | 3,8 | 99,4 | 4442,1 |
| 2003 | 3,9 | 4,8 | 108,2 | 9135,6 |
| 2004 | 3,5 | 3,5 | 112,3 | 19431,4 |
| 2005 | 3,8 | 4,0 | 110,3 | 12853,5 |
| 2006 | 3,6 | 3,7 | 111,6 | 13830,0 |
| 2007 | 4,2 | 3,4 | 116,6 | 18008,2 |
| 2008 | 3,8 | 3,1 | 122,3 | 24008,6 |
| 2009 | 5,3 | 4,5 | 112,3 | 20442,1 |
| 2010 | 5,0 | 4,1 | 109,1 | 23081,7 |
| 2011 | 4,3 | 3,7 | 104,6 | 22693,5 |
| 2012 | 5,1 | 3,5 | 99,8 | 21508,2 |
| 2013 | 5,6 | 4,2 | 100,5 | 28661,9 |
| 2014 | 5,7 | 4,8 | 124,9 | 26767,3 |
| 2015 | 6,5 | 4,3 | 143,3 | 29736,0 |
| 2016 | 6,7 | 4,4 | 112,4 | 35170,3 |
| 2017 | 6,5 | 3,9 | 113,7 | 43431,8 |
| 2018 | 6,4 | 4,1 | 109,8 | 49367,5 |
| 2019 | 6,4 | 4,3 | 104,1 | 53001,2 |

Дані табл. 5 відображають динаміку зміни показників індексу споживчих цін, валових страхових премій і питомих часток експорту та імпорту у загальній структурі всього товарного відповідно експорту та імпорту України за 2002—2019 рр. дослідження. Так, згідно з результатами аналізу можна констатувати, що найбільш стійку тенденцію зростання показували величини питомої ваги експорту продуктів харчування (збільшення із 3,0% у 2002 р. і до 6,4 — у 2019 р.) і валових страхових премій (із 4442,1 млн грн на початку періоду аналізу і до 53001,2 млн грн за підсумками 2019 р.). Також варто відмітити, що немає абсолютно однакової тенденції, оскільки існують окремі періоди, де вказані показники зменшуються. При цьому значення імпорту за статтею «Готові харчові продукти» та інфляції (індексу споживчих цін) показували різну динаміку зміни, адже ці величини коливалися як у бік зростання, так і в бік зменшення, тому стійку тенденцію для них виділити важко.

Кореляційно-регресійний аналіз зарубіжного ринку. У результаті дослідження встановлено, що альтернативна гіпотеза H_1 була прийнятною тільки для чотирьох із досліджуваних 17 зарубіжних країн, де вплив разом двох факторних ознак інфляції та страхування на результуючі два показники (цільові функції) чи тільки на один з них були статистично значимими. При цьому статистично значимим вплив двофакторних показників інфляції та страхування на питому частку експорту продуктів харчування у всій товарній сумі експорту був характерним тільки для Франції та Туреччини, натомість значимим вплив на аналогічний показник імпорту — тільки для Італії та Великої Британії. Для решти країни прийнятно було нульова гіпотеза, тому що, як мінімум, одна з факторних ознак (X_1 або X_2) показувала статистично незначимий вплив на цільову функції Y_1 та/або Y_2 (табл. 6).

Наступним завданням регресійного дослідження є розрахунок коефіцієнтів кореляції між показниками X_1 та X_2 . При цьому, якщо $r_{X_1X_2} \leq 0,8$, то і X_1 і X_2 включаються в рівняння регресії. Однак, якщо між вказаними факторними ознаками $r_{X_1X_2} > 0,8$, то у рівняння регресії включається тільки те X_1 або X_2 , для якого є більшим r_{XY} . Результати розрахунків представлено в табл. 6.

Таблиця 6. Результати розрахунку критеріїв гіпотези H_1 щодо статистичного значимого впливу двох разом факторних показників (X_1 та X_2) на цільову функцію показників безпеки продовольчого ринку (Y_1 та/або Y_2) [19; 20]

| Країна | Факторний показник | Коефіцієнт кореляції (r) | Коефіцієнт детермінації (r^2) | p-значення | Кореляція між X_1 та X_2 |
|---|--------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------|------------------------------|
| Вплив інфляції (X_1) та страхування (X_2) на експорт продуктів харчування країни — % від всього товарного експорту країни (Y_1) | | | | | |
| Франція | X_1 | 0,604 | 0,365 | 0,000 | -0,612 |
| | X_2 | -0,732 | 0,536 | 0,000 | |
| Туреччина | X_1 | 0,559 | 0,312 | 0,000 | -0,766 |
| | X_2 | -0,723 | 0,523 | 0,000 | |
| Вплив інфляції (X_1) та страхування (X_2) на імпорт продуктів харчування країни — % від всього товарного імпорту країни (Y_2) | | | | | |
| Італія | X_1 | 0,676 | 0,457 | 0,000 | -0,766 |
| | X_2 | -0,760 | 0,578 | 0,000 | |
| Велика Британія | X_1 | 0,506 | 0,256 | 0,000 | -0,562 |
| | X_2 | -0,670 | 0,449 | 0,000 | |

Варто підкреслити, що для нашого дослідження та побудови двофакторних рівнянь регресії принципово важливо, щоб відповідно до альтернативної гіпотези саме два фактори X_1 та X_2 відповідали критеріям H_1 щодо впливу на Y_1 та/або Y_2 . Крім цього, відповідно до отриманих значень усі коефіцієнти кореляції менші 0,8, тому і X_1 і X_2 включатимемо у двофакторні рівняння регресії. Варто відмітити, що вплив інфляції є прямо пропорційним (адже відповідні коефіцієнти кореляції мають додатні значення), а вплив страхування — обернено пропорційним (це підтверджують від'ємні значення r).

Результат розрахунку двофакторних рівнянь регресії, де статистично значимим є вплив разом двох факторів інфляції та страхування на показники безпеки

продовольчого ринку, показав, що вплив інфляції є більш вагомим, ніж страхування, про що можна говорити, виходячи з порівняння коефіцієнтів регресії при незалежних факторних змінних: $a_1 > a_2$ (табл. 7).

Таблиця 7. Двофакторні рівняння регресії впливу інфляції та страхування на показники безпеки продовольчого ринку [19; 20]

| Країна | Показники кореляційно-регресійного аналізу | | | | |
|-----------------|--|--|-------|-------|------------|
| | Y_1, Y_2 | Рівняння регресії | r | r^2 | p -знач. |
| Франція | Y_1 | $14,91 + 0,27 \cdot X_1 - 1,18369E-05 \cdot X_2$ | 0,758 | 0,574 | 0,000 |
| Туреччина | | $22,48 + 0,003 \cdot X_1 - 0,001 \cdot X_2$ | 0,723 | 0,523 | 0,000 |
| Італія | Y_2 | $12,27 + 0,15 \cdot X_1 - 1,92304E-05 \cdot X_2$ | 0,774 | 0,599 | 0,000 |
| Велика Британія | | $10,35 + 0,12 \cdot X_1 - 4,15069E-06 \cdot X_2$ | 0,688 | 0,473 | 0,000 |

Як видно з даних табл. 7, тільки для Франції, Туреччини, Італії та Великої Британії було побудовано двофакторні рівняння регресії, де статистично значимим є вплив разом і X_1 і X_2 , однак тільки для або Y_1 , або Y_2 .

Кореляційно-регресійний аналіз ринку України. Результати перевірки досліджуваних гіпотез показують, що відповідно до отриманих значень коефіцієнтів кореляції та p -значення приймається гіпотеза H_0 , тому що вплив разом інфляції та страхування на два чи хоча б один із показників безпеки продовольчого ринку (частки експорту та імпорту в структурі всього товарного, відповідно, експорту та імпорту країни) є статистично незначимим (табл. 8).

Таблиця 8. Результати розрахунку критеріїв статистичної значимості впливу факторних ознак інфляції (X_1) і страхування (X_2) на цільові функції безпеки продовольчого ринку (Y_1, Y_2) для ринку України [21; 22]

| Цільова функція (Y_1, Y_2) | Факторний показник | Коефіцієнт кореляції (r) | Коефіцієнт детермінації (r^2) | p -значення | Кореляція між X_1 та X_2 |
|--------------------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------|------------------------------|
| Y_1 | X_1 | 0,262 | 0,069 | $p > 0,05$ | 0,109 |
| | X_2 | 0,848 | 0,719 | $p < 0,05$ | |
| Y_2 | X_1 | 0,128 | 0,016 | $p > 0,05$ | |
| | X_2 | 0,190 | 0,036 | $p > 0,05$ | |

Дані табл. 8 підтверджують прийняття нульової гіпотези для ринку України, оскільки, відповідно до розрахованих значень, критерії (r та p -значення) досліджуваних гіпотез, вплив разом двофакторних показників X_1 та X_2 відповідає умові статистично незначимого впливу на Y_1 та/або Y_2 . Варто відмітити, що для ринку України тільки один із факторних показників, зокрема X_2 , має статистично значимий вплив на цільову функцію (однак тільки на Y_1): коефіцієнт кореляції $r > 0,8$, а p -значення знаходиться в діапазоні $p < 0,05$, що підтверджує статистичну значимість впливу факторної ознаки на результуючу.

Висновки

У статті проаналізовано вплив інфляції (індексу споживчих цін) і страхування (валові страхові премії) на безпеку продовольчого ринку, що представлено показниками експорту (% від усього товарного експорту країни) та імпорту (% від усього товарного імпорту країни) продуктів харчування.

Дослідження проведено на основі аналізу статистичних даних України і таких зарубіжних країн, як Австралія, Бельгія, Данія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Ісландія, Ірландія, Італія, Японія, Нідерланди, Норвегія, Португалія, Іспанія, Туреччина, Швейцарія та Велика Британія.

У дослідженні висунуто та перевірено нульову (не існує жодного статистично значимого впливу разом інфляції та страхування на два чи хоча б один з показників безпеки продовольчого ринку: частки експорту та імпорту в структурі всього товарного відповідно експорту та імпорту країни) та альтернативну (вплив разом інфляції та страхування на два чи хоча б на один з показників безпеки продовольчого ринку (частки експорту та імпорту у структурі всього товарного відповідно експорту та імпорту країни) є статистично значимим) гіпотези. Перевірка наукових гіпотез та оцінка впливу факторних показників на результуючі здійснена шляхом кореляційно-регресійного аналізу та розрахунку коефіцієнтів кореляції й детермінації, статистичної значимості F , p -значення для вільного члена рівняння регресії та побудову двофакторних рівнянь регресії цільових функцій безпеки продовольчого ринку.

Результати проведених досліджень показали, що і для України, і для більшості зарубіжних (Австралія, Бельгія, Данія, Фінляндія, Німеччина, Ісландія, Ірландія, Японія, Нідерланди, Норвегія, Португалія, Іспанія та Швейцарія) прийнятною була нульова гіпотеза, тобто вплив разом і інфляції, і страхування на показники безпеки продовольчого ринку є статистично незначимими. Для решти країн (Франція, Туреччина, Італія, Велика Британія) вплив факторних показників на цільову функцію є статистично значимим, тобто прийнятною є альтернативна гіпотеза.

Робота виконана в межах та є складовою наукового дослідження впливу витрат на страхування та конкурентоспроможність підприємств агропромислового комплексу в контексті забезпечення безпеки національного продовольчого ринку.

Література

1. Kiganda E. O., Obange N., Adhiambo S. The Relationship between Exports and Inflation in Kenya: An Aggregated Econometric Analysis, *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, 2017, 3(1), pp. 1—12.
2. Ahmed R. R., Ghauri S.P., Vveinhardt J., Streimikiene D. An empirical analysis of export, import, and inflation: a case of Pakistan, *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 2018, XXI(3), pp. 117—130.
3. Qayyum A., Sultana B. Factors of Food Inflation: Evidence from Time Series of Pakistan, *Journal of Banking and Finance Management*, 2018, 1(2), pp. 2—30.
4. Islam A. Impact of inflation on import: An empirical study, *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, 2013, 1(6), pp. 299—309. doi: 10.11648/j.ijefm.20130106.16.
5. Muktedir-Al-Mukit D., Shafiullah A. Z. M., Ahmed R. Inflation Led Import or Import Led Inflation: Evidence from Bangladesh, *Asian Business Review*, 2013, 2(2), pp. 7—11.
6. Gazdar H., Mallah H. B. Inflation and Food Security in Pakistan: Impact and Coping Strategies, *IDS Bulletin*, 2013, 44(3), pp. 31—37.
7. Løvendal C. R., Jakobsen K. T. and Jacque A. Food Prices and Food Security in Trinidad and Tobago, *ESA Working Paper*, 2007, 07—27, 28 p.

8. Huppé G. A., Shaw S., Dion J., Voora V. Food Price Inflation and Food Security: A Morocco case study, *Published by the International Institute for Sustainable Development*, 2013, 80 p.
9. Isaboke H. N., Zhang Q., Nyarindo W. N. The effect of weather index based micro-insurance on food security status of smallholders, *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 2016, 2(3), Available at: www.are-journal.com.
10. Akinrinola O. O., Okunola A. M. Effects of Agricultural Insurance Scheme on Agricultural Production in Ondo State, *MPRA Paper*, 2014, 74558.
11. Mârzaa B., Angelescub C., Tindecheb C. Agricultural Insurances and Food Security. The New Climate Change Challenges, *Procedia Economics and Finance*, 27, 2015, pp. 594—599.
12. How can we make insurance work for food security? *Conference Report, Agricultural Insurance Conference*, Berlin.
13. Kim Y., Pendell D. L., Yu J. Effects of Crop Insurance on Farm Disinvestment and Exit Decisions, 2018, Available at: <https://arefiles.ucdavis.edu>.
14. Zhao Y., Preckel P. An empirical analysis of the effect of crop insurance on farmers' income, *China Agricultural Economic Review*, 2016, 8(2), pp. 299—313.
15. Jisang Yua J., Sumnerb D. A. Effects of subsidized crop insurance on crop choices, *Agricultural Economics*, 2017, 49, pp. 533—545.
16. Bachev H. Risk Management in the Agri-food Sector. *Contemporary Economics*, 2012, 7(1), pp. 45—62.
17. Lorant A., Farkas M. F. Risk management in the agricultural sector with special attention to insurance. *Polish Journal of Management Studies*, 2015, 11(2).
18. Shirinyan L., Arych M. Impact of the insurance costs on the competitiveness of food industry enterprises of Ukraine in the context of the food market security. *Ukrainian Food Journal*. 2019, 8(2), pp. 368—385.
19. The official site of The World Bank, Available at: <https://data.worldbank.org/>.
20. The official site of The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Available at: <https://www.oecd.org/>.
21. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
22. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг України. URL: <http://www.dfp.gov.ua/> та <http://www.nfp.gov.ua/>.
23. Malyovanyi M., Nepochatenko O., & Nesterchuk Y. Conceptual Approaches to Improving the Functioning of Non-state Social Insurance Institutions in Ukraine. *Economics & Sociology*, 2018, 11(2), 289-304.
24. Зінькевич Т., Лісовська В., Стасюк В. Застосування величини р-значення р-value при перевірці статистичних гіпотез. *Ринок цінних паперів України*. 2012. № 1—2. С. 89—94.

FORMATION OF SYSTEM OF STIMULATION OF LABOR FOR THE PURPOSE OF INCREASING EFFICIENCY OF ACTIVITY OF THE ENTERPRISE

A. Zainchkovsky, T. Aliushkina

National University of Food Technologies

Key words:

*The incentive
Labor stimulation
Productivity
Workforce
Efficiency of the
enterprise*

Article history:

Received 22.10.2020
Received in revised form
02.11.2020
Accepted 11.12.2020

Corresponding author:

T. Aliushkina

E-mail:

alyushkina77@gmail.com

ABSTRACT

In the article the features and specifics of labor as one of the key factors of production was analyzed, its fundamental differences from other types of resources were explored, theoretical aspects of the essence of the concept of “incentive” and “labor incentives” were studied. The types of incentives that can be used by managers of domestic enterprises in order to increase the intensity of staff work and improve productivity were analyzed. The expediency and necessity of focusing on the personal needs of employees in the process of selecting incentives to be applied to staff in the implementation of measures to stimulate labor were substantiated.

The interconnection between the process of staff incentives and the level of productivity has been established. Also in the article the level of influence of introduction of system of stimulation of work on efficiency of activity of the enterprise was defined, according to which necessity of optimization of use of labor resources by stimulation of the personnel was proved.

In the article a model of forming a system of labor incentives for industrial enterprises was developed and proposed. The model is presented in the form of a general algorithm, the order of implementation of key measures and work required to develop an effective incentive system. One of the possible variants of the system of criteria for assessing the achievements of employees, on the basis of which fair remuneration of employees can be carried out, was also proposed.

The practical significance of the article is due to the possibility of using research materials by managers to develop a set of measures within the process of personnel management in order to optimize the use of human resources and, consequently, increase the efficiency of the entity. In particular, the proposed model can serve as a reference plan for the development of incentives at the enterprise.

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ СТИМУЛЮВАННЯ ПРАЦІ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

А. О. Заїнчковський, Т. В. Алюшкіна

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано особливості та специфіку праці як одного з ключових факторів виробництва, досліджено його принципові відмінності від інших видів ресурсів і теоретичні аспекти сутності понять «стимул» та «стимулювання праці». Проаналізовано види стимулів, що можуть застосовуватись керівниками вітчизняних підприємств з метою підвищення інтенсивності праці персоналу та покращення результативності трудової діяльності. Обґрунтовано доцільність і необхідність орієнтації на особисті потреби працівників у процесі вибору стимулів, що застосовуватимуться до персоналу при реалізації заходів щодо стимулювання праці.

Встановлено взаємозв'язок між процесом стимулювання персоналу та рівнем продуктивності праці. Також визначено рівень впливу впровадження системи стимулювання праці на результативність діяльності підприємства, відповідно до чого було обґрунтовано необхідність оптимізації використання трудових ресурсів шляхом стимулювання персоналу.

Розроблено та запропоновано модель формування системи стимулювання праці для виробничих підприємств. Модель представлена у вигляді загального алгоритму, порядку здійснення ключових заходів і робіт, необхідних для розробки дієвої системи стимулювання. Запропоновано один із можливих варіантів системи критеріїв оцінки досягнень трудової діяльності працівників, на основі якої може здійснюватися справедливе винагородження співробітників.

Практична значущість статті обумовлена можливістю використання керівниками матеріалів дослідження для розробки комплексу заходів у межах процесу управління персоналом з метою оптимізації використання трудових ресурсів та, як наслідок, підвищення ефективності діяльності суб'єкта господарювання. Зокрема, запропонована модель може слугувати опорним планом розробки системи стимулювання на підприємстві.

Ключові слова: *стимул, стимулювання праці, трудові ресурси, продуктивність праці, ефективність діяльності підприємства.*

Постановка проблеми. Трудові ресурси є одним з ключових факторів виробництва, ефективне використання якого є обов'язковою умовою економічного розвитку підприємства. Зважаючи на специфіку персоналу як ресурсу, підвищення ефективності його використання досягається шляхом забезпечення сприятливих умов роботи та спонуканням до продуктивної трудової діяльності за допомогою стимулювання праці.

Але в наш час керівництво багатьох вітчизняних підприємств стикається з неефективністю чинних заходів стимулювання працівників, що не приносять позитивного результату, а часом навіть негативно впливають на результати господарської діяльності підприємства. Тому в процесі управління персоналом та ефективністю діяльності набуває важливого значення питання розробки й впровадження дійсно дієвої системи стимулювання праці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням поняття стимулювання праці займалися такі вітчизняні науковці: В. В. Биба [1], А. В. Ченнишова [10], О. П. Дяків [2]. Вивченню особливостей трудових ресурсів як специфічного фактора виробництва присвячені праці таких дослідників, як Л. Є. Довгань [4], Т. О. Сазонова [8] та Л. О. Лещенко [6]. Дослідженням різновидів стимулів, зокрема поділом на жорсткі та ліберальні, займався М. М. Забаштанський [3].

Проте в працях зазначених авторів не висвітлено питання розробки моделі формування оптимальної системи стимулювання праці на підприємстві.

Мета статті: дослідження теоретичних аспектів поняття стимулювання праці та впливу механізму стимулювання праці на ефективність діяльності підприємства; подання пропозицій щодо базової моделі формування оптимальної системи стимулювання персоналу виробничих підприємств.

Викладення основних результатів дослідження. Ефективність діяльності будь-якого підприємства забезпечується шляхом оптимального використання всіх факторів виробництва, серед яких праця є найбільш специфічним. Праця пов'язана з діяльністю людини, її вміннями, навичками та інтересами.

Специфіка трудових ресурсів, порівняно з іншими факторами виробництва, полягає в тому, що праця не є єдиним аспектом життєдіяльності людини, вона також має безліч потреб (як матеріальних, так і духовних), рівень задоволення яких безпосередньо впливає на інтенсивність та продуктивність трудової діяльності. Це, у свою чергу, зумовлює й те, що людина одночасно зі створенням благ і цінностей також їх і споживає; у сучасному світі в результаті гуманізація суспільного життя і науково-технічного прогресу все більшого значення набувають особисті якості людини та її інтелектуальний потенціал, забезпечення умов для розвитку та реалізації яких є основою для економічного зростання [4, с. 9].

Дослідники виділяють чотири основні групи чинників, що впливають на діяльність людини, а саме [8, с. 216]:

- психологічні (когнітивні особливості та особисті переконання);
- соціальні (соціальний статус людини, її роль у суспільстві);
- культурні (приналежність до певної культури чи субкультури);
- особистісні (вік, стать, тип особистості, інтереси, спосіб життя).

Тому процес оптимізації використання цього фактора виробництва повинен передбачати формування системи стимулювання праці, що базується на індивідуальних особливостях працівників підприємства та орієнтується на задоволення їхніх потреб.

Стимулювання персоналу — це вживані заходи, що забезпечують співробітникам гідні умови праці та задоволення їхніх особистих інтересів. У процесі

управління ефективністю підприємства стимулювання праці здійснюється за допомогою використання стимулів та методів мотивації, що надає можливість оптимізувати трудовий процес і підвищити його результативність [10, с. 142].

Мотивація працівників — це використання внутрішніх мотивів робітника, що виникають перш за все з його потреб і бажань та спонукають його до діяльності.

Мотив — свідоме спонукання до дії для задоволення будь-якої потреби людини. Мотив є основною причиною людської активності, формуючи усвідомлене спонукання, і тісно пов'язаний зі стимулом. Під стимулом розуміють цілеспрямований, зовнішній вплив через певні цінності та блага, який спонукає людину до вчинення певних дій. [2, с. 151].

М. М. Забаштанський також виділяє жорсткі та ліберальні стимули. Використання жорстких стимулів передбачає примус до виконання роботи, в основі якого лежить орієнтація на формування у працівників страху недосягнення чи неотримання певних цінностей, а часом навіть втрати певної їх частини. Ліберальні ж стимули, навпаки, орієнтовані на спонукання працівників до трудової діяльності шляхом забезпечення можливості отримання додаткових цінностей і благ, що повніше задовольнятиме потреби [3, с. 48].

Стимули, у свою чергу, поділяються на економічні (матеріальні) та неекономічні (нематеріальні).

Використання економічних стимулів може здійснюватись у формі прямих грошових виплат, тобто у вигляді підвищення рівня оплати праці, виплати премій, надання пільгових кредитів, участі працівника в прибутках підприємства, або у формі надання матеріальних благ, таких як оплата житла, зв'язку, надання й оплата різного роду путівок, страхування, медичне обслуговування тощо.

Стимулювання праці шляхом використання нематеріальних (неекономічних) методів не пов'язане із задоволенням матеріальних потреб працівників та може передбачати реалізацію таких заходів, як організацію кращих умов праці, створення гнучких графіків роботи, публічне або особисте визнання заслуг працівника [7].

Тож дослідивши такі особливості людських ресурсів, як фактор виробництва та проаналізувавши сутність і види стимулів, ми дійшли висновку, що позитивний результат від стимулювання досягається не через примус працівника до належного виконання роботи, а через надання додаткових благ і цінностей. Ті бонуси, які отримує працівник за свої трудові досягнення, повинні надаватись у тій формі (грошовій, матеріальній чи нематеріальній), яка б могла якомога повніше задовольнити його індивідуальні потреби, адже саме в цьому випадку може досягатися найбільша ефективність від стимулювання. Це зумовлено тим, що такий стимул мотивує співробітника, тобто, діючи як зовнішній чинник впливу, призводить до появи внутрішнього фактора, який спонукає людину до діяльності задля досягнення певної вже власної мети.

Досвід підприємств свідчить про те, що отримання найбільшого ефекту від реалізації системи стимулювання праці забезпечується в результаті комбінування жорстких, матеріальних і нематеріальних стимулів. Це зумовлено тим фактом, що використання лише однієї групи зазначених методів має короткочасний ефект.

Основним показником оцінки ефективності системи стимулювання персоналу виступає продуктивність праці. Зростання показника продуктивності праці промислово-виробничого персоналу відбувається внаслідок збільшення обсягу виробленої продукції при сталому рівні трудових затрат (або за умови зростання обсягу виробництва більшими темпами, ніж зростання затрат праці) [5, с. 226].

Проте ефективність діяльності підприємства залежить не лише від збільшення обсягів виробництва при незмінній кількості промислово-виробничого персоналу, а й від ефективності організації виробництва. Тому стимулювання адміністративного персоналу має не менш вагоме значення, оскільки спрямоване на спонукання до якісного виконання своїх посадових обов'язків. Тобто підвищення продуктивності праці матиме реальний вплив на прибутковість суб'єкта господарювання лише в тому випадку, коли на підприємстві здійснюється планування оптимальних обсягів виробництва, що базується на потребах ринку.

З метою підвищення ефективності діяльності суб'єкта господарювання необхідно здійснювати стимулювання праці, оскільки це забезпечить досягнення таких результатів, як підвищення показників продуктивності праці; підвищення прибутковості підприємства внаслідок зниження витрат на оплату праці й виробництво в цілому; досягнення оперативних цілей підприємства; поліпшення морально-психологічного клімату в колективі; зниження плинності кадрів; покращення командної роботи між працівниками, підлеглим і керівником [6].

Правильно розроблена та впроваджена система стимулювання працівників здатна впливати не лише на продуктивність праці та результативність діяльності підприємства, але й також створює своєрідну конкурентну перевагу, що зумовлена лояльним і прихильним ставленням персоналу до свого роботодавця, їх зацікавленістю в успішному розвитку підприємства.

Варто виділити такі правила здійснення ефективного стимулювання праці на підприємстві [1, с. 167]:

1. Система оплати та стимулювання праці керівників підприємства має бути диференційованою.
2. Система стимулювання має бути гнучкою, тобто здатною оперативно реагувати на зміну зовнішніх і внутрішніх умов функціонування підприємства.
3. Розмір винагороди працівника повинен відповідати трудовому внеску і кваліфікації кожного працівника.
4. Система стимулювання має бути прозорою та зрозумілою для кожного співробітника.
5. Якщо система мотивації передбачає винагороду працівника, то ця винагорода повинна надаватися одразу після досягнення працівником результату.

Недотримання цих вимог призводить до нестабільності в колективі й має сильний демотивуючий ефект. Як наслідок, це призводить до зниження продуктивності праці персоналу підприємства та зниження ефективності діяльності в цілому [9, с. 639].

Дослідивши викладений матеріал, вважаємо, що для процесу формування оптимальної системи стимулювання праці на виробничих підприємствах доцільно запропонувати модель, що передбачає:

- дослідження стану наявної системи стимулювання. Доцільно проаналізувати структуру методів стимулювання, оцінити ефективність їх використання, визначити рівень вмотивованості персоналу;

- на основі проведеного дослідження стану симулювання праці визначити вузькі місця системи та найменш ефективні методи;

- дослідження індивідуальних особливостей як кожного працівника, так і колективу в цілому.

Для цього ми пропонуємо використати метод анкетування. Аналіз заповнених співробітниками анкет надасть можливість визначити потреби та інтереси працівників, систему їхніх цінностей, а також яким методам вони б віддали перевагу. Також вважаємо, що таке анкетування на підприємстві доцільно проводити регулярно з певною періодичністю з метою моніторингу потреб працівників. Це дасть змогу своєчасно реагувати на морально-психологічні зміни в колективі та забезпечити гнучкість системи стимулювання праці.

На основі вивчення індивідуальних особливостей працівників і специфіки їх роботи необхідно розробити систему стимулів. Варто розуміти, що ця система буде ефективною, якщо передбачатиме не лише комплекс винагород за досягнуті результати, а й так званих покарань у формі штрафів чи санкцій за неналежне виконання працівником своїх обов'язків. Такий підхід до стимулювання спонукатиме працівників до ефективної трудової діяльності в тому випадку, коли співробітник втратить інтерес до винагороди.

Перш ніж впроваджувати систему стимулювання, необхідно визначити та сформувати бюджет фінансування, який передбачатиме чітко визначенні суми винагород і витрат на заохочення працівників.

Необхідною складовою процесу стимулювання є формування системи критеріїв оцінки досягнень працівників.

Як один із варіантів критеріїв ми пропонуємо:

- для основних працівників — чітко визначені норми виробітку, перевищення яких винагороджується, та норми простоїв виробництва з вини працівника, перевищення яких призводить до штрафів чи санкцій;

- для допоміжного технічного персоналу — визначені норми швидкості реагування на неполадки та їх усунення, своєчасність забезпечення виробництва необхідними матеріалами;

- для адміністративно-управлінського персоналу — прийняття і реалізація ефективних управлінських рішень.

Варто зазначити, що інколи пропозиції ефективного рішення у сфері оптимізації технічних чи технологічних питань і проблем виробництва надходять не від керівників, а від підлеглих, тому, зважаючи на це, ми радимо додатково винагороджувати таких працівників. Це, у свою чергу, стимулюватиме й співробітників до реалізації свого інтелектуального потенціалу та надасть можливість певною мірою знизити витрати та ризики підприємства, пов'язані зі залученням сторонніх осіб та організацій.

У процесі впровадження та застосування розробленої системи стимулів необхідно донести механізм їх дії до персоналу та переконатися, що він є чітко зрозумілим для кожного працівника.

Реалізація системи стимулювання, як і будь-якого іншого проекту, вимагає здійснення оцінки його ефективності шляхом розрахунку показників продуктивності праці та порівняння їх з аналогічними показниками, розрахованими в попередньому періоді. Також варто зазначити, що реалізація стимулювання праці буде дійсно позитивно впливати на результативність підприємства лише за умови, що рівень відповідних витрат не перевищуватиме вигоду підприємства від їх здійснення. У випадку виявлення неефективності системи необхідно визначити її недоліки та розробити комплекс заходів щодо їх усунення.

У подальшому повинен здійснюватися безперервний моніторинг дієвості системи стимулювання. У разі виявлення негативної динаміки необхідно порушувати питання зміни та вдосконалення комплексу стимулів.

Висновки

Впровадження оптимальної системи стимулювання праці є важливим фактором підвищення ефективності діяльності для будь-якого підприємства. Але бажаний і довготривалий ефект досягається лише за умови комплексності методів стимулювання, орієнтації на потреби персоналу і врахування його індивідуальних особливостей, а також раціональності понесених витрат.

Оптимальний механізм стимулювання має безпосередній вплив на рівень продуктивності праці персоналу, відповідно, чим кращий цей показник, тим ефективніше підприємство використовує трудові ресурси і кращими є результати його господарської діяльності. Тому в статті запропоновано алгоритм формування системи стимулювання праці, який у загальному вигляді являє собою базову модель. На її основі, з урахуванням специфіки конкретного підприємства, може бути розроблений дієвий комплекс стимулів, впровадження якого сприятиме підвищенню ефективності використання трудових ресурсів, що матиме позитивний вплив на результативність суб'єкта господарювання. Також актуальним є питання детального дослідження ролі та особливостей стимулювання праці у сферах обслуговування й торгівлі, розробки пропозиції щодо формування дієвої системи стимулювання у цих сферах господарювання.

Література

1. Биба В. В., Теницька Н. Б. Світовий досвід мотивації працівників та можливості його адаптації до умов підприємств України. *Економіка і суспільство*. 2017. № 10. С. 166—171.
2. Дяків О. П., Островерхов В. М. Управління персоналом: навчально-методичний посібник (видання друге, переробл. і доповнено). Тернопіль: ТНЕУ, 2018. 288 с.
3. Забаштанський М. М., Сирбу І. М. Концептуальні засади стимулювання праці персоналу підприємства. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2016. № 1(5). С. 45—52.
4. Технології управління людськими ресурсами [Електронний ресурс]: навч. посібник для здобув. ступеня магістра за ОП «Менеджмент і бізнес адміністрування» / Л. Є. Довгань, Л. Л. Ведута, Г. А. Мохонько; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 512 с.
5. Климчук А. О., Михайлов А. М. Мотивація та стимулювання персоналу в ефективному управлінні підприємством та підвищенні інноваційної діяльності. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2018. № 1. С. 218—234.

6. Лещенко Л. О. Мотивація праці як фактор підвищення прибутковості підприємства. *Ефективна економіка*. 2016. № 4. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua>.
7. Мішина С. В., Мішин О. Ю. Нематеріальне стимулювання праці як інструмент посилення кадрової безпеки на підприємстві. *Економіка і суспільство*. 2019. № 20. С. 582—592.
8. Сазонова Т. О., Кононенко А. В., Кононенко І. В. Стимулювання працівників як фактор підвищення результативності діяльності підприємства. *Економічний форум*. 2018. № 1. С. 214—221. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecfor_2018_1_36.
9. Синиціна Ю. П., Дунайчук С. М., Алексесенко А. І. Управління витратами на персонал на основі системного підходу. *Економіка і суспільство*. 2017. № 9. С. 636—641.
10. Чернишова А. В. Мотивація та стимулювання праці в системі управління персоналом підприємства. *Молодий вчений*. 2016. № 6. С. 141—144.

MODERN APPROACHES TO THE FORMATION OF AN EFFECTIVE INNOVATION POLICY OF THE ENTERPRISE

N. Skopenko, I. Yevsieieva-Severyna, I. Boiko, D. Kaplia

National University of Food Technologies

Key words:

*Innovation policy
Innovation activity
Innovation strategy
Innovation project
Strategic stability
programs
Innovation development
Factors*

Article history:

Received 30.10.2020
Received in revised form
16.11.2020
Accepted 30.11.2020

Corresponding author:

N. Skopenko

E-mail:

skopnata67@gmail.com

ABSTRACT

The article is devoted to the research of innovation activity of the domestic enterprises and definition of modern approaches to the formation of an effective innovation policy.

The importance of strategic stability programs implementation was proved. It was defined that such programs cover ecologicalization of manufacture. It was also defined the improvement of quality and competitiveness of production, carrying out of technical and technological changes, implementation of corporate social responsibility to increase the competitive advantages of the enterprise. Selecting certain directions of innovation development and realizing innovation projects, the enterprise reaches the appropriate level of innovation activity.

It is crucial to take into account all the potentials of the enterprise and forecast changes in the external environment to select the right innovation strategy. Factors that may have both positive and negative effects on the implementation of a comprehensive innovation strategy have been considered.

According to the modern realities, variability of the business medium, changes in consumer needs and the development of technological progress, enterprises must quickly react to the situation. Business entities must form an innovation policy in order to create and launch fundamentally new products, improve the quality of existing goods and services to increase competitiveness and ensure sustainable growth.

The implementation of an effective innovation policy will contribute to the possibility of domestic enterprises to expand sales of innovation products, enter foreign markets, improve the image of the state in the international community.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ ПІДПРИЄМСТВА

Н. С. Скопенко, І. В. Євсєєва-Северина, І. А. Бойко, Д. В. Капля
Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена дослідженню інноваційної активності вітчизняних підприємств і визначенню сучасних підходів до формування ефективної інноваційної політики суб'єктів господарювання.

Обґрунтовано необхідність розробки програми стратегічної стійкості, зважаючи на специфіку діяльності підприємства. Визначено, що такі програми направлені на екологізацію виробництва, підвищення якості та конкурентоспроможності продукції, проведення техніко-технологічних змін, впровадження заходів корпоративної соціальної відповідальності, що сприяє збільшенню кількості конкурентних переваг підприємства. Обираючи певні напрямки інноваційного розвитку та реалізуючи інноваційні проєкти, підприємство досягає певного рівня інноваційної активності.

Акцентовано увагу на необхідності врахування всіх потенціалів підприємства та прогнозування змін зовнішнього середовища для вибору вірної стратегії інноваційної діяльності. Розглянуто фактори, що можуть чинити як позитивний, так і негативний вплив на реалізацію комплексної інноваційної стратегії. Реалії сьогодення, мінливість середовища господарювання, зміни в потребах споживачів, розвиток технологічного прогресу потребують швидкої адекватної реакції підприємств. Суб'єкти господарювання повинні формувати інноваційну політику з метою створення та виведення на ринок принципово нових видів продукції, покращення якості існуючих товарів і послуг, постійного вдосконалення технології виробництва задля підвищення конкурентоспроможності та забезпечення стійкого зростання. Реалізація ефективної інноваційної політики сприятиме розширенню збуту інноваційної продукції, виходу підприємств на зовнішні ринки, покращенню іміджу держави в міжнародному просторі.

Ключові слова: *інноваційна політика, інноваційна діяльність, інноваційна стратегія, інноваційний проєкт, стратегічна програма забезпечення стійкості, інноваційний розвиток, інноваційна активність, чинники.*

Постановка проблеми. Підвищення конкурентоспроможності українських підприємств можливе лише за умови технічного переоснащення, забезпечення постійного оновлення продукції, прискорення впровадження у виробничий процес останніх досягнень науки і техніки для повнішого задоволення потреб ринку, що вимагає формування та впровадження ефективної інноваційної політики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання інноваційного розвитку та інноваційної політики підприємства є досить актуальними і перебувають в центрі уваги багатьох зарубіжних і вітчизняних вчених. Так, О. І. Маслак, О. О. Безручко, М. В. Маслак розглядають інноваційний потенціал підприємства: його сутність, функції, структуру та алгоритм управління [16]. Л. М. Березіна визначає особливості інноваційної політики для АПК підприємств [1]. Г. І. Лановська пропонує методологію інтегральної оцінки інноваційної політики [14]. О. І. Дацій

зосереджує увагу на ефективності інноваційної діяльності та фінансовому забезпеченні інновацій [4; 5]. В. І. Ландик розглядає проблеми формування інноваційної стратегії підприємства та узагальнює досвід їх вирішення [13]. Л. В. Білозор концентровано викладає методологічні підходи щодо формування інноваційної продукції [2]. А. А. Ступна вказує на сучасні особливості реалізації інноваційної діяльності в Україні [19].

Колективом авторів у [17] розглянуто широке коло проблем — від формування концептуальних засад управління потенціалом інноваційного розвитку промислових підприємств до прикладних аспектів управління окремими його підсистемами.

Серед науковців, які займалися дослідженням принципів формування інноваційної політики підприємства, можна відзначити: Л. В. Кадола, Л. М. Кравчука, М. В. Римара, Н. В. Ликуна, Р. С. Квасницьку, Н. С. Ардашкіну, С. М. Ілляшенко та ін. [9—12; 18].

В. Я. Плаксієнко та О. М. Грабчук визначають інструменти інноваційної політики для промислових підприємств [3].

Комплексному дослідженню інноваційної політики та визначенню процедури її формування присвячені наукові праці Т. С. Максимової, М. В. Римара, Н. В. Ликуна, О. Д. Дивнича, В. І. Ландик та інших, в яких наведені алгоритми формування інноваційної політики та визначені її основні елементи [7; 13; 15; 18].

Посилення конкуренції на внутрішньому та зовнішньому ринках обумовлює потребу в постійному оновленні асортименту продукції й технологій виробництва. Суб'єкти господарювання повинні розробляти та впроваджувати ефективну інноваційну політику з метою створення та виведення на ринок принципово нових видів продукції, покращення якості існуючих товарів і послуг, постійного вдосконалення технологій виробництва задля підвищення конкурентоспроможності та забезпечення стійкого зростання.

Метою статті є дослідження інноваційної активності вітчизняних підприємств і визначення сучасних підходів до формування ефективної інноваційної політики підприємства.

Викладення основних результатів дослідження. Інноваційна політика — це частина загальної політики підприємства, що визначає мету, умови та процес здійснення інноваційної діяльності підприємства і встановлює порядок взаємодії науково-технічної, виробничої, економічної та маркетингової діяльності в процесі розробки й реалізації інновацій. Інноваційна політика забезпечує реалізацію стратегічних цілей підприємства та спрямована на підвищення його конкурентоспроможності шляхом максимально ефективного використання інноваційного потенціалу, адаптації інновацій до ринкових вимог і забезпечення безперервної системної інноваційної діяльності [15; 18].

Інноваційна політика має враховувати регулятивні механізми зовнішнього економічного середовища і формуватися таким чином, щоб забезпечити розробку підприємницьких ідей для досягнення цілей підприємства і створення механізмів їх реалізації, тобто інноваційна політика повинна [7; 15]: мати стратегічний характер; враховувати зовнішні загрози та можливості; мінливість ринкової кон'юнктури; зважати на існуючі потенціали підприємства; ґрунтуватись на системному підході до її формування; забезпечувати неперервність і комплексність

інноваційної діяльності підприємства, охоплення нею всіх внутрішніх елементів бізнесу; забезпечувати нерозривність інноваційної політики і сучасних досягнень науково-технічного прогресу.

Прот, аналіз інноваційної активності підприємств України демонструє низький її рівень (табл. 1). Негативною тенденцією є зниження майже вдвічі загальної кількості інноваційно активних промислових підприємств (з 1462 одиниць у 2010 р. до 782 одиниць у 2019 р.) та кількості промислових підприємств, що впроваджували інновації (з 1217 одиниць у 2010 р. до 687 одиниць у 2019 р.).

Обсяг реалізованої інноваційної промислової продукції (товарів, послуг) у грошовому вираженні останніми роками зростає, проте складає всього 1,3% до загального обсягу реалізованої промислової продукції у 2019 році.

Питома вага інноваційно активних підприємств складає близько 16% до загальної кількості промислових підприємств, тоді як у європейських країнах цей показник знаходиться на рівні 60—70% [6; 21].

Таблиця 1. Основні показники інноваційної діяльності промислових підприємств України у 2010—2019 рр., [6]

| Основні показники | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Кількість інноваційно активних промислових підприємств, усього, одиниць | 1462 | 1679 | 1758 | 1715 | 1609 | 824 | 834 | 759 | 777 | 782 |
| % до загальної кількості промислових підприємств | 13,8 | 16,2 | 17,4 | 16,8 | 16,1 | 17,3 | 18,9 | 16,2 | 16,4 | 15,8 |
| Витрати на інновації промислових підприємств, усього, млн грн | 8045,5 | 14333,9 | 11480,6 | 9562,6 | 7695,9 | 13813,7 | 23229,5 | 9117,5 | 12180,1 | 14220,9 |
| % до загального обсягу реалізованої промислової продукції (товарів, послуг) | 0,9 | 1,3 | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| % до загального обсягу реалізованої інноваційної промислової продукції (товарів, послуг) | 23,9 | 33,8 | 31,8 | 26,6 | 30 | 59,9 | x | 51,5 | 49 | 41,5 |
| Кількість промислових підприємств, що впроваджували інновації (продукцію та/або технологічні процеси), усього, одиниць | 1217 | 1327 | 1371 | 1312 | 1208 | 723 | 735 | 672 | 739 | 687 |
| % до загальної кількості промислових підприємств | 11,5 | 12,8 | 13,6 | 12,9 | 12,1 | 15,2 | 16,6 | 14,3 | 15,6 | 13,8 |

Продовження таблиці 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---------|---------|---------|---------|-------|---------|------|---------|---------|---------|
| Кількість упроваджених у виробництво нових технологічних процесів промисловими підприємствами, усього, одиниць | 2043 | 2510 | 2188 | 1576 | 1743 | 1217 | 3489 | 1831 | 2002 | 2318 |
| з них нових або суттєво поліпшених маловідходних, ресурсозберігаючих технологічних процесів, одиниць | 479 | 517 | 554 | 502 | 447 | 458 | 748 | 611 | 926 | 857 |
| Кількість упроваджені інноваційної продукції (товарів, послуг) промисловими підприємствами, усього, одиниць | 2408 | 3238 | 3403 | 3138 | 3661 | 3136 | 4139 | 2387 | 3843 | 2148 |
| Обсяг реалізованої інноваційної промислової продукції (товарів, послуг), усього, млн грн | 33697,6 | 42386,7 | 36157,7 | 35891,6 | 25669 | 23050,1 | x | 17714,2 | 24861,1 | 34264,9 |
| % до загального обсягу реалізованої промислової продукції (товарів, послуг) | 3,8 | 3,8 | 3,3 | 3,3 | 2,5 | 1,4 | x | 0,7 | 0,8 | 1,3 |

Інноваційний клімат країни та інноваційну активність характеризує частка витрат на виконання науково-дослідних робіт у ВВП (табл. 2). У цілому по ЄС цей показник зростає протягом досліджуваного періоду та становить більше 2%. Серед європейських країн найбільша частка витрат на виконання НДР у ВВП виявляється у Німеччині (близько 3%). На жаль, в Україні частка витрат на виконання НДР у ВВП знаходиться на низькому рівні (менше 1%) та протягом 2010—2019 рр. знижується до 0,47%. Це відображає негативну тенденцію щодо інноваційного клімату країни та вказує на необхідність покращення економічних умов для активізації інноваційної діяльності.

Треба відзначити, що частка витрат на НДР суттєво варіюється по галузях промисловості. Відповідно, інноваційна політика підприємства повинна враховувати особливості галузі, до якої воно належить. Належність до певної галузі значною мірою впливає на можливості стратегічного вибору, обумовленого як рівнем конкурентоспроможності продукції на світовому ринку, так і конкурентними позиціями підприємства на внутрішньому ринку.

Таблиця 2. Частка витрат на виконання НДР у ВВП по окремих країнах у 2010—2018 рр., %, [6; 21]

| Країни | Роки | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| ЄС 28 | 1,92 | 1,96 | 2 | 2,01 | 2,02 | 2,03 | 2,04 | 2,08 | 2,12 |
| Болгарія | 0,57 | 0,53 | 0,6 | 0,64 | 0,79 | 0,95 | 0,77 | 0,74 | 0,76 |
| Естонія | 1,57 | 2,28 | 2,11 | 1,71 | 1,42 | 1,46 | 1,25 | 1,28 | 1,4 |
| Іспанія | 1,36 | 1,33 | 1,3 | 1,28 | 1,24 | 1,22 | 1,19 | 1,21 | 1,24 |
| Латвія | 0,61 | 0,7 | 0,66 | 0,61 | 0,69 | 0,62 | 0,44 | 0,51 | 0,64 |
| Литва | 0,79 | 0,91 | 0,9 | 0,95 | 1,03 | 1,04 | 0,84 | 0,9 | 0,94 |
| Німеччина | 2,73 | 2,81 | 2,88 | 2,84 | 2,88 | 2,93 | 2,94 | 3,07 | 3,13 |
| Польща | 0,72 | 0,75 | 0,88 | 0,87 | 0,94 | 1 | 0,96 | 1,03 | 1,21 |
| Румунія | 0,46 | 0,5 | 0,48 | 0,39 | 0,38 | 0,49 | 0,48 | 0,5 | 0,5 |
| Словаччина | 0,61 | 0,66 | 0,8 | 0,82 | 0,88 | 1,16 | 0,79 | 0,89 | 0,84 |
| Словенія | 2,05 | 2,41 | 2,56 | 2,56 | 2,37 | 2,2 | 2,01 | 1,87 | 1,95 |
| Угорщина | 1,14 | 1,19 | 1,26 | 1,39 | 1,35 | 1,35 | 1,19 | 1,33 | 1,53 |
| Чеська Республіка | 1,34 | 1,56 | 1,78 | 1,9 | 1,97 | 1,93 | 1,68 | 1,79 | 1,93 |
| Україна | 0,75 | 0,65 | 0,67 | 0,7 | 0,6 | 0,55 | 0,48 | 0,45 | 0,47 |

Основні показники, що характеризують інноваційну активність промислових підприємств за видами економічної діяльності в 2019 р., наведено в табл. 3. Необхідно відзначити, що кількість підприємств переробної промисловості складає майже 90% від усіх промислових підприємств, що впроваджували інновації.

Таблиця 3. Інноваційна активність промислових підприємств за напрямками інноваційної діяльності за видами економічної діяльності у 2019 році, [6]

| Показники інноваційної активності | Промисловість | Переробна промисловість | Виробництво харчових продуктів | Виробництво напоїв | Виробництво тютюнових виробів |
|---|---------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Кількість підприємств, що впроваджували інновації, всього, од. | 687 | 616 | 119 | 23 | 1 |
| у тому числі, впроваджували нову або значно вдосконалену продукцію (товари, послуги), од. | 336 | 329 | 65 | 16 | 1 |
| з них, нову для ринку, од. | 90 | 89 | 19 | 3 | — |
| Кількість упроваджених у виробництво нових технологічних процесів, од. | 2318 | 1340 | 135 | 24 | — |
| з них нових або суттєво поліпшених маловідходних, ресурсозберігаючих, од. | 857 | 454 | 50 | 9 | — |
| Кількість упроваджених видів інноваційної продукції (товарів, послуг), од. | 2148 | 2135 | 541 | 50 | — |
| У тому числі | | | | | |
| нових для ринку, од. | 418 | 417 | 86 | — | — |
| нових та/або вдосконалених видів машин, обладнання, од. | 760 | 758 | 73 | — | — |
| з них, нових для ринку, од. | 171 | 171 | — | — | — |

Продовження таблиці 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|---------|---------|--------|--------|------|
| Кількість підприємств, що реалізували інноваційну продукцію (товари, послуги), од. | 442 | 426 | 95 | 19 | 1 |
| % до загальної кількості промислових підприємств | 8,9 | 10,6 | 10,6 | 17,9 | 16,7 |
| з них, нову для ринку, од. | 114 | 111 | 26 | 4 | — |
| нову лише для підприємства, од. | 375 | 360 | 81 | 16 | 1 |
| Обсяг реалізованої інноваційної продукції, млн грн | 34264,9 | 33495,7 | 4194,3 | 1585,7 | — |
| у % до загального обсягу реалізованої промислової продукції | 1,3 | 1,9 | 0,9 | 2,3 | — |
| Із загального обсягу реалізованої інноваційної промислової продукції (товарів, послуг) | | | | | |
| нова для ринку, млн грн | 6826,2 | 6817,2 | 745,6 | 102,3 | — |
| нова лише для підприємства, од. | 27438,7 | 26678,5 | 3448,7 | 1483,4 | — |
| Кількість промислових підприємств, що реалізували інноваційну продукцію за межі України, од. | 161 | 158 | 30 | 6 | 1 |
| Обсяг реалізованої інноваційної промислової продукції (товарів, послуг) за межі України, млн грн | 18558,6 | 18051,5 | 758,0 | 31,7 | — |
| у % до загального обсягу реалізованої інноваційної промислової продукції (товарів, послуг) | 54,2 | 53,9 | 18,1 | 2,0 | — |

Аналізуючи основні напрями реалізації інноваційної політики, необхідно зазначити, що більша частка підприємств переробної промисловості та підприємств з виробництва харчових продуктів ті напоїв впроваджували у виробництво нову або значно вдосконалену продукцію (товари, послуги) та нові технологічні процеси. Проте частка нових або суттєво поліпшених маловідходних, ресурсозберігаючих технологічних процесів становить менше 30% серед усіх впроваджених. Також доволі низька частка нових для ринку видів інноваційної продукції (товарів, послуг) (до 20%). Це свідчить про те, що більшою мірою впроваджуються нові тільки для підприємства види продукції (товарів, послуг), тобто більшість суб'єктів господарювання підтримують еволюційну та захисну інноваційну політику.

Обсяг реалізованої інноваційної промислової продукції (товарів, послуг) за межі України складає більше 50% від загального обсягу реалізованої інноваційної промислової продукції, що позитивно характеризує діяльність вітчизняних промислових підприємств та відображає їхню експортоорієнтованість.

Активність інноваційної діяльності у переробній та харчовій промисловості безпосередньо пов'язана з фінансовим станом підприємств, оскільки на сучасному етапі фінансування інновацій більш як на 85% здійснюється за рахунок власних коштів суб'єктів господарювання. Більша частка коштів витрачається на придбання машин, обладнання та програмного забезпечення (табл. 4).

Таблиця 4. Витрати на інновації промислових підприємств за напрямками інноваційної діяльності за видами економічної діяльності у 2019 році, [6]

| Показники | Кількість інноваційно активних промислових підприємств/сума витрат | | Витрачали кошти на | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--------------------|--------------|---|---------------------------------|--------|
| | усього | % до загальної кількості промислових підприємств | внутрішні НДР | зовнішні НДР | придбання машин, обладнання та програмного забезпечення | придбання інших зовнішніх знань | інше |
| Промисловість, од. | 782 | 15,8 | 122 | 69 | 506 | 35 | 161 |
| Загальна сума витрат, млн грн | 14220,9 | х | 2449,9 | 469,0 | 10185,1 | 37,5 | 1079,4 |
| Переробна промисловість, од. | 693 | 17,2 | 117 | 53 | 438 | 31 | 148 |
| Загальна сума витрат, млн грн | 11002,5 | х | 1981,2 | 161,9 | 8232,1 | 32,4 | 594,9 |
| Виробництво харчових продуктів, од. | 131 | 14,6 | 5 | 6 | 79 | 5 | 31 |
| Загальна сума витрат, млн грн | 2869,8 | х | 15,4 | 8,5 | 2726,0 | 1,5 | 118,3 |
| Виробництво напоїв, од. | 26 | 24,5 | 2 | 1 | 17 | 1 | 9 |
| Загальна сума витрат, млн грн | 358,0 | х | х | х | 318,6 | х | 37,1 |
| Виробництво тютюнових виробів, од. | 1 | 16,7 | — | — | 1 | — | — |

Глобалізація, поширення світових інтеграційних процесів обґрунтовує посилення впливу зовнішнього середовища на функціонування і розвиток українських підприємств переробної та харчової промисловості. Головним стратегічним напрямом розвитку вітчизняних товаровиробників для успішного виходу на зовнішні ринки й утримання на них стійких позицій постає активізація інноваційної діяльності, проведення техніко-технологічної модернізації виробництва, освоєння випуску сучасних інноваційних видів продовольчих товарів. Нові реалії світогосподарського устрою вимагають змін економічних і техніко-технологічних характеристик підприємств харчової та переробної промисловості України, що можливо лише за умов розроблення і впровадження цілісної інноваційної політики.

Формування інноваційної політики повинно ґрунтуватися на певних принципах, які визначатимуть ефективне управління інноваційними процесами та системний підхід до здійснення інноваційної діяльності. Комплекс принципів інноваційної політики відображено в [12; 18; 20]:

Цілеспрямованість. Реалізація інновацій на підприємстві повинна бути спрямована на досягнення цілей, що не суперечать загальностратегічним напрямкам діяльності суб'єктів господарювання. Тобто інноваційна політика повинна бути орієнтована на досягнення стратегічної мети, що узгоджена із тактичними цілями підприємства.

Стратегічна спрямованість. Інноваційна політика повинна бути спрямована на формування та забезпечення довгострокових конкурентних переваг підприємства.

Регламентованість. Інноваційна політика повинна бути закріплена у відповідних документах та планах, які регламентують порядок й умови її проведення, елементи, механізм реалізації, доцільність і відповідність ринковій ситуації.

Відповідність ринковим умовам. Інноваційна політика здійснюється за умови інтеграції двох систем: зовнішнього та внутрішнього середовища. Відповідно, всі інноваційні процеси повинні бути узгодженими з ринковими тенденціями, умовами ведення підприємницької діяльності, вимогами споживачів і ринкових посередників.

Комплексність передбачає врахування всіх елементів інноваційної політики у процесі її розробки та реалізації. Відповідно, при незбалансованій інноваційній діяльності можливе виникнення диспропорцій, які не тільки знижують ефективність інновацій, але й можуть перешкоджати функціонуванню підприємства в цілому.

Адаптивність. Враховуючи мінливість зовнішнього середовища, інноваційна політика повинна забезпечувати гнучкість інноваційних процесів і створювати можливості швидкого коригування реалізації інновацій. При формуванні інноваційної політики підприємства необхідно також враховувати можливі внутрішні зміни, які можуть перешкоджати реалізації інноваційної діяльності.

Неперервність. Здійснення інноваційної діяльності повинне бути частиною загальної політики підприємства, яка спрямована на підтримку та постійне покращення ринкових конкурентних позицій. Інноваційна політика повинна бути побудована таким чином, щоб забезпечити комплексну неперервну інноваційну діяльність, що дасть змогу підприємству досягти високого рівня інноваційної активності.

Відповідність ресурсному потенціалу підприємства. При формуванні інноваційної політики необхідно враховувати потенціал підприємства, адже при невідповідності наявного потенціалу здійснення інноваційної діяльності буде неможливим і призведе до виснаження ресурсних запасів підприємства та руйнування організаційних зв'язків.

Відповідність кадровому потенціалу підприємства. Обов'язковим є постійне покращення освітньо-кваліфікаційних здібностей працівників підприємства, адже їхні професійні навички повинні відповідати запланованій інноваційній діяльності підприємства.

Інформаційна забезпеченість. Необхідно забезпечити всі підрозділи підприємства інформацією щодо новацій та процесу їх впровадження (технічною, технологічною та конструкторською документацією).

Інноваційна політика передбачає послідовну, заплановану, цілеспрямовану, комплексну інноваційну діяльність підприємства [15]. Відповідно, інноваційна політика повинна мати певний порядок формування, який забезпечить системний підхід до планування та здійснення інноваційної діяльності.

На основі наведених принципів формування та реалізації інноваційна політика має впроваджуватися у певній послідовності, починаючи з аналізу зовнішнього середовища з урахуванням інноваційних прогнозів розвитку науково-технічного прогресу та визначення комплексної інноваційної стратегії в загальній політиці підприємства (рис.).



Рис. Формування інноваційної політики в загальній політиці підприємства

Будь-яке підприємство повинно окреслювати ключові принципи діяльності, визначати основну мету функціонування на ринку. Саме місія розкриває призначення підприємства, забезпечує напрями визначення цілей і стратегій для досягнення певних запланованих результатів. Місія сприяє формуванню цінностей підприємства, вдосконаленню його системи управління. Сукупність заходів і

методів управління підприємством, яка включає різні види політик, що представлені на рис., формують його загальну політику. Дії з реалізації політик повинні бути узгоджені між собою і направлені на досягнення загальної мети підприємства.

Основними елементами загальної політики підприємства є [7; 15; 20]: виробнича (техніко-технологічна) політика, інвестиційна політика, інноваційна політика (політика в галузі науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт), фінансова політика, маркетингова політика, кадрова політика.

Техніко-технологічна політика вивчає можливості виробництва і вимог до нього щодо реалізації формування стійкості й розвитку та за необхідності усунення виявлених невідповідностей, сприяє розробленню напрямів технічного переозброєння (оновлення) основних засобів підприємства і створенню механізму реалізації заходів, спрямованих на вдосконалення техніко-технологічного стану підприємства, забезпечує планування та організацію процесу матеріально-технічного постачання необхідних ресурсів [7].

Крім того, техніко-технологічна політика на підприємстві забезпечує процес заміни старих технологій у виробництві товарів і створенні (наданні) послуг новими технологіями. Тому завданнями виробничої політики є моніторинг та оцінка ефективності технологій, які використовуються на підприємстві, дослідження й управління виробничими процесами та розроблення напрямків технологічного вдосконалення з метою підвищення загального рівня конкурентоспроможності підприємства [20].

Маркетингова політика є не тільки елементом загальної політики підприємства, а й інструментом, який регулює та визначає інноваційну діяльність. З одного боку, маркетингова політика передбачає розробку, управління і модернізацію ринкової та продуктової стратегій. З іншого — маркетингова політика визначає доцільність інновацій, їх зв'язок із ринковою ситуацією та внутрішнім середовищем підприємства. Маркетингова політика дає змогу проаналізувати готовність ринку до появи продукту інноваційного проєкту, а також визначає заходи, що сприяють проведенню ефективної збутової політики, організацію просування товару на ринок і включає: аналіз ринку; розробку стратегії й концепції маркетингу; формування програми та бюджету маркетингу проєкту [7; 20].

НДДКР виступають джерелом інновацій. Інноваційна політика передбачає визначення наукового потенціалу підприємства; розроблення науково-технічних проєктів з урахуванням результатів маркетингових досліджень; впливає на формування та реалізацію техніко-технологічної політики [7].

Кадрова політика визначає загальні напрями роботи із працівниками підприємства, формує вимоги до існуючих і потенційних фахівців. Сьогодення вимагає постійного покращення освітньо-кваліфікаційного рівня працівників (професійних соціальних навичок), а також високого рівня їх мотивації.

Кадрова політика передбачає набір і навчання персоналу; формування кваліфікованого складу працівників; стимулювання ініціативності й творчої активності працівників; створення робочих груп для генерації інноваційних ідей; організацію внутрішньофірмового підприємництва; визначення шляхів розвитку кадрів; розробку методів подолання опору змінам.

Кадрова політика тісно пов'язана з корпоративною політикою підприємства, яка визначає ставлення працівників не тільки до компанії та один до одного, а й до інноваційних процесів. На етапі впровадження інновацій працівники підприємства відіграють визначну роль, адже саме вони приймають, засвоюють інновації та підтримують їх реалізацію на підприємстві. Відповідно, корпоративна культура, як і кадрова політика, є елементом загальної політики, який потребує постійного вдосконалення [7; 20].

Інвестиційна політика підприємства спрямована на ефективне вкладення капіталу і його повернення. Кожне підприємство розробляє свою систему переваг і критеріїв вкладення капіталу відповідно до умов діяльності та стратегії розвитку. Інвестиційна політика — головний інструмент, що забезпечує стабільний економічний розвиток суб'єкта господарювання в довгостроковому періоді; спрямована на збільшення ефективності виробництва: розширення й оновлення виробничого потенціалу, зростання обсягу виробництва, продуктивності праці і прибутку, зниження собівартості продукції, прискорення темпів впровадження у виробництво нової продукції, підвищення рівня конкурентоспроможності продукції.

Фінансова політика охоплює всі фінансово-економічні аспекти функціонування підприємства, що забезпечують реалізацію загальної політики.

З огляду на специфіку діяльності суб'єкта господарювання та галузеві особливості його функціонування формується програма дій щодо забезпечення стійкості та конкурентоспроможності. Як правило, такі програми направлені на екологізацію виробництва, підвищення якості та конкурентоспроможності продукції, проведення техніко-технологічних змін, впровадження заходів корпоративної соціальної відповідальності, що сприяє збільшенню кількості конкурентних переваг підприємства.

Мінливість умов господарювання, дії найближчих конкурентів є потужним поштовхом в напрямку постійного вдосконалення та розвитку суб'єкта господарювання, що неможливо без активізації інноваційної діяльності. Розробляючи комплексну інноваційну стратегію, підприємства базуються на досягнутому рівні розвитку, переглядають внутрішні потенціали зростання та передбачають зміни у зовнішньому середовищі шляхом прогнозування.

Більш детально зупинимося на розгляді основних складових потенціалу виробничих підприємств [8, с. 108, 109], що обґрунтовують ефективність реалізації комплексної інноваційної стратегії.

Економічний потенціал підприємства є спроможністю, здатністю сприяти задоволенню потреб суспільства, розвиватися у визначеному напрямку, досягати поставлених цілей за умов максимальної ефективності, отримувати заплановані результати, підвищувати конкурентоспроможність за рахунок сформованої у певний момент часу сукупності структурованих ресурсів, які використовуються в умовах дії чинників зовнішнього середовища.

Майновий потенціал підприємства характеризує можливість ефективно використовувати майно, що перебуває в користуванні підприємства, та при необхідності здійснювати його мобілізацію в процесі виробничо-господарської діяльності з метою забезпечення сталого функціонування та розвитку підприємства на ринку.

Фінансовий потенціал — це спроможність раціонально й ефективно використовувати фінансові ресурси, що перебувають у розпорядженні підприємства, а також можливості до їх нарощення в разі необхідності.

Інноваційний потенціал — це здатність підприємства здійснювати інноваційну діяльність у поточному й стратегічному періодах, що вимагає залучення як традиційних ресурсів, так і інноваційних, які використовуються для забезпечення інноваційного шляху розвитку підприємства, у результаті чого створюється система нововведень або окремі інновації різного рівня.

Маркетинговий потенціал — це можливості підприємства в забезпеченні його конкурентоспроможності на основі грамотного поєднання товарної політики, стратегії ціноутворення, способів стимулювання та руху товару продукції.

Логістичний потенціал — здатність фірми реалізувати її логістичні функції й операції з максимально можливим кінцевим результатом і мінімальними витратами.

Комунікативний потенціал — це комунікативні можливості підприємства у відносинах з різними елементами зовнішнього середовища (конкуренти, споживачі, посередники, органи державної влади, фінансові установи тощо), репутація та імідж підприємства (торгової марки).

Управлінський потенціал — це здатність окремих категорій персоналу підприємства щодо ефективної організації й управління виробничо-комерційними процесами підприємства.

Виробничо-технологічний потенціал — це спроможність отримувати максимально можливий виробничий результат, який може бути одержаний за умови найбільш ефективного використання виробничих ресурсів, за умови наявного рівня техніки й технологій, передових форм організації виробництва.

Інформаційний потенціал — це єдність організаційно-технічних та інформаційних можливостей, які забезпечують підготовку й прийняття управлінських рішень і впливають на характер (специфіку) виробництва через збір, зберігання (накопичення), обробку та розповсюдження інформаційних ресурсів.

Кадровий потенціал підприємства — це ресурсні можливості робітників, які вони використовують для підвищення ефективності функціонування підприємства.

Інтелектуальний потенціал — спроможність персоналу генерувати ідеї та можливість представлення готових рішень існуючих проблем на підприємстві в усіх напрямках діяльності.

Поєднання різних потенціалів забезпечує стійкість підприємства, дає змогу нейтралізувати негативний вплив зовнішніх факторів і реалізувати сприятливі можливості.

Розробка інноваційних проєктів забезпечує досягнення високого конкурентного статусу на ринку. Вибір пріоритетності та доцільності реалізації проєктів вимагає обґрунтування ключових техніко-економічних показників (індикаторів), ступеня ризику імплементації, передбачення можливого негативного впливу на діяльність певного суб'єкта господарювання.

Остаточний вплив реалізації інноваційних проєктів на загальні показники діяльності підприємства є мірилом ефективності обраної інноваційної стратегії

та подальших заходів щодо її перегляду в разі необхідності внесення змін і коригувань у поточну діяльність суб'єкта господарювання.

Формування інноваційної політики підприємства є складним динамічним процесом, орієнтованим на максимальну взаємодію зі споживачем і забезпечення високої якості виробничого процесу. Саме тому важливо визначити, які саме зовнішні та внутрішні чинники обумовлюють інноваційний розвиток (табл. 5).

Таблиця 5. Основні чинники, що впливають на інноваційний розвиток підприємств України, [7; 12]

| Чинники, що активізують інноваційний розвиток | Чинники, що стримують інноваційний розвиток |
|---|--|
| <i>Екзогенні:</i> | <i>Екзогенні:</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> - сприятливий інноваційний та інвестиційний клімат країни; - розвиток законодавчої бази щодо захисту інтелектуальної власності; - митне регулювання (зниження мита на деякі види наукоємної імпоротної продукції); - сприяння міжнародній науково-технічній кооперації; - розвиток інноваційної інфраструктури; - наявність дешевих кредитних ресурсів; - високий рівень конкуренції у галузі; - державна підтримка галузі; - підготовка висококваліфікованих кадрів; сприятлива кон'юнктура ринків та темп їх зростання; - скорочення тривалості життєвого циклу наукоємних товарів; - наявність культури споживання. | <ul style="list-style-type: none"> - політична та економічна нестабільність; - розвиток інфляційних процесів; - високий ризик, пов'язаний з розробкою та виведенням на ринок нової продукції; - дефіцит фінансових ресурсів для здійснення наукових досліджень; - недосконалість нормативно-правового забезпечення інноваційної діяльності; - відсутність податкових та фінансових пільг; низький науково-технічний потенціал держави; - вплив наукових кадрів. |
| <i>Ендогенні:</i> | <i>Ендогенні:</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> - інноваційний, виробничо-збутовий, фінансовий потенціал; - наявність необхідної господарської та науково-технічної інфраструктури; - наявність конкурентних переваг; - інтелектуальний потенціал працівників; - матеріальне стимулювання працівників; - диверсифікація виробництва; - стратегічна орієнтація підприємства; узгодження факторів системи якості підприємства і рівня задоволення потреб споживачів; - науково-технічне співробітництво з ВНЗ та науковими установами; - належність підприємств до ТНК та/або інтегрованої структури. | <ul style="list-style-type: none"> - відсутність обґрунтованої інноваційної стратегії; - слабкість матеріально-технічної та наукової бази; - неузгодженість ресурсних потреб та інноваційних можливостей; - невідповідність організаційної структури та корпоративної культури інноваційним цілям підприємств; - відсутність оперативного регулювання та координації діяльності підрозділів; - неефективна комунікація між підрозділами; - відсутність повноцінної інформаційної бази щодо інноваційних розробок; - низький рівень мотивації працівників, відсутність матеріальних стимулів та умов творчої праці; - опір змінам. |

Реалії сьогодення, мінливість середовища господарювання, зміни в потребах споживачів, розвиток технологічного прогресу потребують швидкої адекватної реакції підприємств з урахуванням чинників, що активізують інноваційний розвиток і сприяють подоланню негативних чинників.

Висновки

Проведені дослідження показують, що підприємства України мають низьку інноваційну активність порівняно з європейськими країнами. У промислових підприємствах переважають продуктові інновації та інновації процесу.

У складних умовах господарювання зміцнити позиції на ринку та не втратити прибутковості вдається лише тим компаніям, які не скорочують інвестиції у власний розвиток, впроваджують інноваційні технології, оптимізують асортиментний портфель, розширюють асортиментну лінійку шляхом розробки та виведення на ринок нових видів конкурентоспроможної продукції. Крім того, відсутність вільних коштів для модернізації обладнання, впровадження новітніх інноваційних технологій, закупівлі екологічної сировини змушує підприємства скорочувати виробництво.

Підвищення рівня конкурентоспроможності вітчизняних підприємств і зміцнення ринкового становища можливе тільки за умов інноваційного розвитку, формування та реалізації ефективної інноваційної політики, що потребує модернізації й технічного переозброєння виробництва, впровадження сучасних технологій і систем управління якістю, введення у виробництво нових видів продукції.

Література

1. Березіна М. Л. Інноваційна політика підприємств АПК: тактичні та стратегічні аспекти. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2013. № 4. С. 122—132.
2. Білосор Л. В. Методологічні підходи щодо формування інноваційної продукції. *Економіка АПК*. 2004. № 9. С. 88—93.
3. Грабчук О. М., Плаксієнко В. Я. Інструменти інноваційної політики промислових підприємств. *Економіка та держава*. 2017. № 2. С. 11—15.
4. Дацій О. І. Ефективність інноваційної діяльності в агропромисловому виробництві. *Агросвіт*. 2007. № 21. С. 14—16.
5. Дацій О. І. Фінансове забезпечення інновацій в агропромисловому комплексі України. *Проблеми інвестиційно-інноваційного розвитку*. 2011. № 1. С. 65—76.
6. Державна служба статистики України. Офіційний сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
7. Дивнич О. Д. Інноваційна політика підприємства: формування та реалізація. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. URL: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/np-pdaa/7.1/97.pdf>.
8. Євсєєва-Северина І. В. Теоретико-методичні аспекти формування сталого розвитку виробничих підприємств (Theoretical and methodical aspects of sustainable enterprise development). *Теоретичні та прикладні питання економіки*. 2020. Випуск 1/2(40/41). С. 104—120.
9. Ілляшенко С. М. Інноваційний менеджмент: підручник. Суми, 2010. 334 с.
10. Ілляшенко С. Ю. Маркетинг інновацій і інновації в маркетингу: монографія. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 615 с.
11. Кадол Л. В., Кравчук Л. М. Принципи формування інноваційної політики підприємства. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер.: Економічні науки*. 2016. Вип. 17(1). С. 76—79.
12. Квасницька Р. С., Ардашкіна Н. С. Особливості інноваційної діяльності підприємств у сучасних умовах. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2009. № 6, т. 3. С. 247—251.
13. Ландик В. И. Инновационная стратегия предприятия: проблемы и опыт их решения. Київ: Наук. думка, 2003. 364 с.
14. Лановська Г. І. Інтегральна оцінка інноваційної політики підприємства. *Агроінком*. 2013. № 7—9. С. 61—64. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agroincom_2013_7-9_15.

15. Максимова Т. С., Філімонова О. В., Лиштван К. В. Формування інноваційної політики. *Економічний вісник Донбасу*. 2010. № 2. С. 181—183.
16. Маслак О. І., Безручко О. О., Маслак М. В. Управління інноваційним потенціалом підприємства в умовах циклічності. *Економіка і організація управління*. 2014. № 1. С. 166—173.
17. Механізм управління потенціалом інноваційного розвитку промислових підприємств: монографія / за ред. Шипуліної Ю. С. Суми: ТОВ «ДД «Папірус», 2012. 458 с.
18. Римар М. В., Ликун Н. В. Етапи та принципи здійснення інноваційної діяльності підприємства. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Проблеми економіки та управління*. 2012. № 725. С. 360—365.
19. Ступина А. А. Особенности инновационной деятельности в Украине. *Економіка промисловості*. 2006. № 3(9). С. 114—118.
20. Черненко О. В., Нечитайло С. Д. Формування ефективної інноваційної політики підприємства. *Ефективна економіка*. 2018. № 7. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/7_2018/55.pdf.
21. European Commission. Офіційний сайт Європейського Союзу. URL: https://ec.europa.eu/info/index_en.

HEAT TRANSFER IN THE DOWN FLOWING ANNULAR WEAKLY TURBULENT STEAM-LIQUID FLOWS DURING VAPORIZATION

V. Petrenko, O. Ryabchuk, M. Maslikov, A. Frantsihko

National University of Food Technologies

Key words:

Heat transfer

Film

Turbulent viscosity

Simulation

Velocity

Article history:

Received 03.11.2020

Received in revised form

19.11.2020

Accepted 11.12.2020

Corresponding author:

V. Petrenko

E-mail:

petrenkovp@ukr.net

ABSTRACT

Modeling of thermohydrodynamic processes in descending, annular vapor-liquid flows during vaporization is performed on the basis of the proposed new algebraic model of turbulent viscosity.

The physical modeling was performed in a stainless steel pipe with a diameter of 22·1 mm and a length of 1.8 m, divided into stabilization section with a length of 1.5 m and a measurement section. Heating was performed with dry saturated steam. Water and sugar solutions with a concentration of up to 70% were as model liquids; the volumetric liquid flux varied in the range of $(0.05...0.5) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. The steam flow inside the pipe was created by blowing dry saturated steam; range of steam velocity change was $(1...35) \text{ m/s}$ under atmospheric pressure and vacuum up to 0.86 bar. Experimental data obtained on a stainless steel pipe with a length of 9 m and a diameter of 30 mm were used.

Based on the experimental material on heat transfer to films in the state of saturation with the accompanying steam flow and comparison of the obtained results with the corresponding analytical results on heat transfer based on the proposed turbulence model, correlations were obtained to generalize experimental data on heat transfer to down flowing two-phase flows. The function of suppression of turbulence in the film by the flow of steam in the mode of “strong” interaction of phases as a factor to the expression reflecting the turbulent viscosity in the film under the condition of free flow was obtained.

Integral thermohydrodynamic characteristics for the heat transfer regime, which is characterized as evaporation from the interfacial surface in the descending annular vapor-liquid steams on the basis of the proposed turbulence model, were obtained and the results of calculation of thermohydrodynamic parameters of film flow were compared with experimental data for interfacial surface in the presence of steam flow above the surface of the film.

ТЕПЛОБМІН У КІЛЬЦЕВИХ НИЗХІДНИХ СЛАБОТУРБУЛЕНТНИХ ПАРОРІДИННИХ ПОТОКАХ ПІД ЧАС ПАРООУТВОРЕННЯ

В. П. Петренко, О. М. Рябчук, М. О. Масліков, А. П. Францішко
Національний університет харчових технологій

У статті виконано моделювання теплогідродинамічних процесів у низхідних, кільцевих парорідинних потоках під час пароутворення на основі запропонованої нової алгебраїчної моделі турбулентної в'язкості.

Фізичне моделювання виконано в трубі з нержавіючої сталі діаметром 22·1 мм довжиною 1,8 м, розділеної на стабілізаційну ділянку довжиною 1,5 м та ділянку вимірювань. Нагрівання здійснювалось сухою насиченою парою. Модельні рідини — вода та цукрові розчини концентрацією до 70%; об'ємна щільність зрошення змінювалась у діапазоні $(0,05 \dots 0,5) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$. Паровий потік усередині труби створено вдуванням сухої насиченої пари; діапазон зміни швидкості пари — $(1 \dots 35) \text{ м/с}$ під атмосферним тиском та розрідженні до 0,86 бар. Використані експериментальні дані, отримані на трубі з нержавіючої сталі, довжиною 9 м діаметром 30 мм.

На основі експериментального матеріалу з теплообміну до плівок у стані насичення із супутнім паровим потоком і зіставлення отриманих результатів з відповідними аналітичними результатами з теплообміну і запропонованої моделі турбулентності отримано кореляції для узагальнення експериментальних даних з тепловіддачі до кільцевих низхідних двофазних потоків. Отримано функцію пригнічення турбулентності в плівці потоком пари в режимі «сильної» взаємодії фаз як співмножника до виразу, що відображає турбулентну в'язкість у плівці за умови вільного стікання.

Визначено інтегральні теплогідродинамічні характеристики для режиму тепловіддачі, що характеризується як випаровування з міжфазної поверхні в низхідних кільцевих парорідинних потоках на основі запропонованої моделі турбулентності, виконано порівняння результатів розрахунку теплогідродинамічних параметрів плівкової течії з експериментальними даними для плівок води та цукрових розчинів у режимі випаровування з міжфазної поверхні за наявності потоку пари над поверхнею плівки.

Ключові слова: тепловіддача, плівка, турбулентна в'язкість, моделювання, швидкість.

Постановка проблеми. В трубах плівкових випарних апаратів уздовж поверхні теплообміну постійно зростає швидкість пари, яка створює динамічну дію на міжфазну поверхню стікаючої плівки через дотичну міжфазну напругу та через механізм хвилеутворення. Крім того, за різної орієнтації напрямку руху плівки дія потоку газу на хвилеутворення також різна, особливо в розвитку великих хвиль, які відіграють основну роль у процесах перенесення в плівках. Так, відповідно до [1; 2] потік газу над поверхнею вертикально стікаючої плівки призводить до зменшення амплітуди хвиль $A_{\text{вх}}$ і зростання їх частоти $f_{\text{вх}}$, тоді, як

на горизонтальних поверхнях зростання швидкості газу u_2 призводить до пропорційного зростання їх амплітуди. Оскільки зі зростанням швидкості пари над поверхнею плівки зменшується її товщина й амплітуда хвиль, і, відповідно, масштаб турбулентності, але паралельно зростає частота хвиль, розвиток турбулентності змінюється відповідно до характеру дії ядра потоку на міжфазну поверхню плівки. Комплексною характеристикою дії направленої пари на інтенсивність перенесення в плівці виступає міжфазна дотична напруга τ_i , яка пропорційна як швидкості пари, так і щільності зрошення, і визначається через коефіцієнт міжфазного тертя ξ . Залежно від співвідношення витрат фаз розрізняють режими слабкої та сильної міжфазної гідродинамічної взаємодії. Початок режиму сильної взаємодії пов'язують, як правило, зі зміною середньої товщини плівки та амплітуди хвиль. З балансу аеродинамічної дії газового потоку на хвилю, яка пропорційна амплітуді й силі поверхневого натягу, та на основі аналізу серій експериментальних даних з гідродинамічної взаємодії плівки рідини з повітрям встановлено, що критична швидкість, за межами якої швидкість газу стає домінуючим фактором впливу на гідродинамічні параметри плівки, включаючи товщину, параметри хвиль, гідравлічний опір i , як наслідок, на параметри теплообміну, визначається як [1]:

$$u_2^{kp} = 0,9 \sqrt{\frac{\sigma}{\rho_2 (v^2/g)^{1/3}}} \text{Re}^{-19}, \quad (1)$$

де $\text{Re} = 4\Gamma_v/v$ — число Рейнольдса плівки; σ — поверхневий натяг; v — кінематична в'язкість; ρ_2 — густина пари; $\Gamma_v = G/(\rho \pi d)$ — об'ємна щільність зрошення; G — масова витрата рідини; ρ — густина рідини; g — прискорення вільного падіння.

З (1) при атмосферному тиску критична швидкість u_2^{kp} в області зміни щільності зрошення від $0,1 \cdot 10^{-3}$ до $0,5 \cdot 10^{-3}$ м²/с складає 10...15 м/с. В області розрідження до 0,85 бара внаслідок падіння густини пари домінуючий вплив швидкості пари на параметри перенесення проявляється лише при швидкостях більше 30 м/с. Зрозуміло, що за підвищених тисків унаслідок зростання густини пари вплив тиску пари на параметри перенесення в плівці зростає.

Відповідно до наведених результатів, різними авторами під час узагальнення даних про тепловіддачу до стікаючих насичених плівок рідин із супутнім потоком пари основним параметром кореляції прийнято або динамічну швидкість $\sqrt{(\tau_i + \rho g \delta)/\rho}$ [3], або відповідні безрозмірні комплекси, куди входить міжфазна дотична напруга τ_i , наприклад, у формі $\left(1 + \tau_i / (\rho g (v^2/g)^{1/3})\right)$ [4]. Але проблематичним є те, що в кільцевому низхідному потоці зі зростанням швидкості газової фази аномально зростає гідравлічний опір при переході від режиму слабкої до режиму сильної взаємодії фаз [3], що проте не впливає на інтенсивність тепловіддачі. Цей факт зумовлює пошук більш досконалих форм урахування динамічної дії ядра потоку на процеси перенесення в стікаючих плівках.

Автори у [5] виконали аналіз процесів тепловіддачі до плівок води та цукрових розчинів під час пароутворення за вільного стікання по вертикальній поверхні на основі запропонованої нової форми алгебраїчної моделі турбулентності в плівці. У запропонованому дослідженні автори розширюють аналіз на кільцеві низхідні двофазні потоки, які реально протікають у робочих каналах плівкових випарних апаратів.

Мета дослідження: на основі запропонованої нової алгебраїчної моделі турбулентної в'язкості виконати аналіз теплогідродинамічних процесів у низхідних кільцевих потоках рідин і розчинів під час пароутворення.

Матеріали і методи. Фізичне моделювання процесів теплообміну виконано в трубі з нержавіючої сталі діаметром 22·1 мм довжиною 1,8 м, розділеної на стабілізаційну ділянку довжиною 1,5 м та ділянку вимірювань. Нагрівання здійснювалось сухою насиченою парою. Рідина подавалась в експериментальний канал «переливанням через край». Об'ємна щільність зрошення змінювалась в діапазоні $(0,05 \dots 0,5) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. Модельними рідинами виступала вода та цукрові розчини концентрацією до 70%. Потік пари всередині труби моделювався вдуванням сухої насиченої пари через сопло діаметром 16 мм. Діапазон зміни швидкості пари над поверхнею плівки — $(1 \dots 35) \text{ м/с}$. Досліди проведені під атмосферним тиском та розрідженні до 0,86 бара.

Крім того, використані експериментальні дані, отримані на модельній установці з теплообмінної труби з нержавіючої сталі, довжиною 9 м, внутрішнім діаметром 30 мм, секціонованої на 20 секцій довжиною 440 мм з відведенням з кожної секції утвореного конденсату в окремі адіабатні мірні стакани [6].

Результати і обговорення. Як і за вільного стікання в низхідному кільцевому потоці плівка розглядається умовно пласкою, а поверхневі хвилі виконують роль турбулізаторів. Аналіз процесу тепловіддачі розглядаємо на основі запропонованої в [5] функції розподілення турбулентності:

$$v_t/v = \varepsilon \eta^2 (1 - \eta^2), \quad (2)$$

де $\eta = y/\delta$ — безрозмірна поперечна координата; δ — товщина плівки; v_t — кінематична турбулентна в'язкість; $\varepsilon_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Re}^{1,4} \{1 + 3,6[1 - \exp(1 - d/d_0)]\}$ — максимальне значення турбулентної в'язкості на вершині параболи за вільного стікання плівки, $\varepsilon = \varepsilon_f f_u$; f_u — функція впливу потоку пари на турбулентність, яка підлягає визначенню; d — діаметр труби; $d_0 = 0,02 \text{ м}$. За вільного стікання $f_u = 1$.

За прийнятих спрощень щодо режиму руху плівки процес теплоперенесення розглядається через осереднені характеристики як $q = -\left(\frac{\lambda}{\delta}\right) \left(1 + \frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_t} \frac{v_t}{v}\right) \frac{dt}{d\eta}$, інтегрування якого за граничних умов $\eta = 0, t = t_w$; $\eta = 1, t = t_i$ та $\text{Pr}_t = 1$ дає вираз для коефіцієнта тепловіддачі:

$$\alpha = \frac{q}{t_w - t_i} = \frac{\lambda}{\delta \sqrt{2H}} \frac{(4 + \varepsilon \text{Pr})}{\left[\frac{1}{R} \text{Arth} \left(\frac{\sqrt{2} \varepsilon \text{Pr}}{R} - \frac{1}{A} \text{Arth} \left(\frac{\sqrt{2} \varepsilon \text{Pr}}{A} \right) \right) \right]}, \quad (3)$$

де q — тепловий потік; λ — теплопровідність; t — температура; t_i — температура поверхні плівки; t_w — температура стінки; Pr_t, Pr — турбулентне та молекулярне число Прандтля відповідно; $H = \sqrt{4\varepsilon Pr + \varepsilon^2 Pr^2}$; $A = \sqrt{\varepsilon^2 Pr^2 - \varepsilon Pr H}$; $R = \sqrt{\varepsilon^2 Pr^2 + \varepsilon Pr H}$.

Геометричним розміром у (3) виступає товщина плівки, яку визначаємо з рівняння руху з урахуванням дотичної напруги на міжфазній поверхні

$$\frac{\tau_i \delta}{\rho \nu} + \frac{g \delta^2}{\nu} (1 - \eta) = \left[1 + \varepsilon (\eta^2 - \eta^4) \right] \frac{du}{d\eta}. \quad (4)$$

Інтегруючи (4) за граничних умови $\eta = 0, u = 0$, отримаємо профіль швидкості

$$u = \left(\frac{\tau_i \delta}{\rho \nu} + \frac{g \delta^2}{\nu} \right) \frac{\sqrt{2} h}{(4 + \varepsilon)} \left[\frac{1}{r} \operatorname{Arth} \left(\frac{\sqrt{2} \varepsilon}{r} \eta \right) - \frac{1}{a} \operatorname{Arth} \left(\frac{\sqrt{2} \varepsilon}{a} \eta \right) \right] - \frac{g \delta^2}{\nu h} \left[\operatorname{Arth} \left(\frac{\varepsilon (2 \eta^2 - 1)}{h} \right) + \operatorname{Arth} \left(\frac{\varepsilon}{h} \right) \right], \quad (5)$$

а з виразу $\bar{u} = \int_0^1 u d\eta$ — середню швидкість:

$$\bar{u} = \left(\frac{\tau_i \delta}{\rho \nu} + \frac{g \delta^2}{\nu} \right) \frac{\sqrt{2} h}{(4 + \varepsilon)} \left[n - \frac{\sqrt{2}}{4 \varepsilon} \ln \left(\frac{a^2 - 2 \varepsilon^2}{r^2 - 2 \varepsilon^2} \right) - \frac{\sqrt{2}}{2 \varepsilon} \ln \left(\frac{r}{a} \right) \right] - \frac{g \delta^2}{\nu h} \left[2 \operatorname{Arth} \left(\frac{\varepsilon}{h} \right) - \frac{\sqrt{2} h}{2} \left(\frac{1}{r} \operatorname{Arth} \left(\frac{\sqrt{2} \varepsilon}{r} \right) + \frac{1}{a} \operatorname{Arth} \left(\frac{\sqrt{2} \varepsilon}{a} \right) \right) - \frac{\sqrt{2} \varepsilon}{2} n \right], \quad (6)$$

де $h = \sqrt{4\varepsilon + \varepsilon^2}$; $a = \sqrt{\varepsilon^2 - \varepsilon h}$; $r = \sqrt{\varepsilon^2 + \varepsilon h}$;

$$n = \left[\frac{1}{r} \operatorname{Arth} \left(\frac{\sqrt{2} \varepsilon}{r} \right) - \frac{1}{a} \operatorname{Arth} \left(\frac{\sqrt{2} \varepsilon}{a} \right) \right].$$

Враховуючи, що товщина плівки δ та середня швидкість \bar{u} зв'язані зі щільністю зрошення Γ_v залежністю $\delta = \Gamma_v / \bar{u}$, отримаємо вираз для середньої товщини плівки у вигляді кубічного рівняння:

$$\Gamma_v = \left(\frac{\tau_i \delta^2}{\rho \nu} \right) D + \frac{g \delta^3}{\nu h} (D h - B), \quad (7)$$

де

$$B = \left[2 \operatorname{Arth} \left(\frac{\varepsilon}{h} \right) - \frac{\sqrt{2} h}{2} \left(\frac{1}{r} \operatorname{Arth} \left(\frac{\sqrt{2} \varepsilon}{r} \right) + \frac{1}{a} \operatorname{Arth} \left(\frac{\sqrt{2} \varepsilon}{a} \right) \right) - \frac{\sqrt{2} \varepsilon}{2} n \right];$$

$$D = \frac{\sqrt{2}h}{(4 + \varepsilon)} \left[n - \frac{\sqrt{2}}{4\varepsilon} \ln \left(\frac{a^2 - 2\varepsilon^2}{r^2 - 2\varepsilon^2} \right) - \frac{\sqrt{2}}{2\varepsilon} \ln \left(\frac{r}{a} \right) \right].$$

У разі вільного стікання товщина плівки безпосередньо знаходиться з (7) з умови $\tau_i = 0$:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{\Gamma_v \nu h}{g(Dh - B)}}. \quad (8)$$

За наявності швидкості пари над поверхнею плівки і, відповідно, міжфазної дотичної напруги товщина плівки зменшується, а параметри хвильової структури плівки змінюються. Зазначені фактори повинні вплинути і на параметри турбулентності. За відсутності даних безпосередніх вимірювань профілю інтенсивності турбулентності в плівках під час руху потоку газу (пари) над її поверхнею зручно зробити припущення, що змінюється лише параметр ε , в той час як форма кривої профілю турбулентної в'язкості (2) деформується мало. Нове значення функції турбулентності на вершині зміщеної відносно середини плівки параболі ε надамо у формі $\varepsilon = \varepsilon_f f_u$. Порівнюючи експериментальні дані з тепловіддачі до плівок рідин за наявності міжфазної дотичної напруги з розрахунковими за (3), (7), (9), отримаємо вираз для f_u області $We \leq 250$ у формі:

$$f_u = S \left[1 - 0,1 \exp(-1,1086 \sqrt{We}) \right], \quad (9)$$

де

$$S = 1,119 - 0,122 \sqrt{We} + \left(0,07424 + \frac{Re}{9,153 \cdot 10^6} \right) (\sqrt{We})^2 - 0,01808 (\sqrt{We})^3 + 1,775 \cdot 10^{-3} (\sqrt{We})^4 - 7,8 \cdot 10^{-5} (\sqrt{We})^5 + 1,28 \cdot 10^{-6} (\sqrt{We})^6;$$

$We = \frac{\rho_2 u_2^2 d_o}{\sigma}$ — число Вебера; u_2 — швидкість пари.

Графічна інтерпретація (9) наведена на рис. 1.

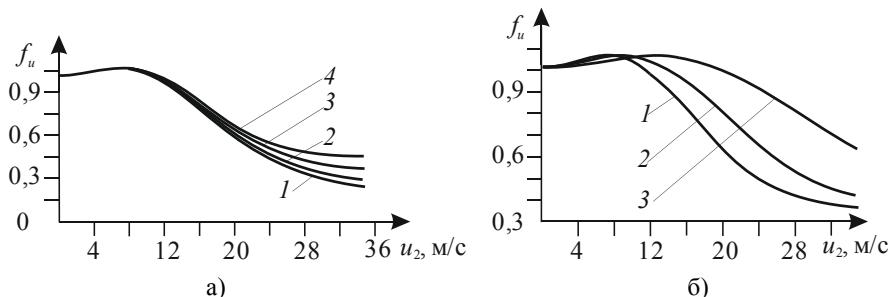


Рис. 1. Залежність $f_u = f(u_2)$ за різної витрати рідини і густини пари:

- а) $\rho_2 = 0,6 \text{ кг/м}^3$, 1 — $Re = 1000$; 2 — 3000; 3 — 6000; 4 — 9000;
 б) $Re = 6000$, 1 — $\rho_2 = 0,6 \text{ кг/м}^3$; 2 — 0,4; 3 — 0,2

Екстремальний вигляд кривих на рис. 1 зумовлений переходом від області «слабкої» до «сильної» взаємодії фаз зі збільшенням потоку пари над поверхнею плівки. Характер кривих на рис. 1б зумовлений послабленням динамічної дії ядра потоку на плівку в області розрідження, де зменшується густина пари, а отже, і дія ядра потоку на плівку, і, відповідно, на параметри турбулентності в ній.

Тож алгебраїчна функція розподілення турбулентної в'язкості в стікаючих плівках зі супутнім паровим потоком в діапазоні $We \leq 250$, $\Gamma_v \leq 0,610 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$ для труб діаметрами від 20 до 30 мм (досліджений діапазон) набуває такого вигляду:

$$v_t/\nu = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Re}^{1,4} \left\{ 1 + 3,6 \left[1 - \exp(1 - d/d_0) \right] \right\} f_u \eta^2 (1 - \eta^2). \quad (10)$$

Залежність $\varepsilon = \varepsilon_f f_u$ від швидкості пари наведено на рис. 2а, а зміни товщини плівки — на рис. 2б.

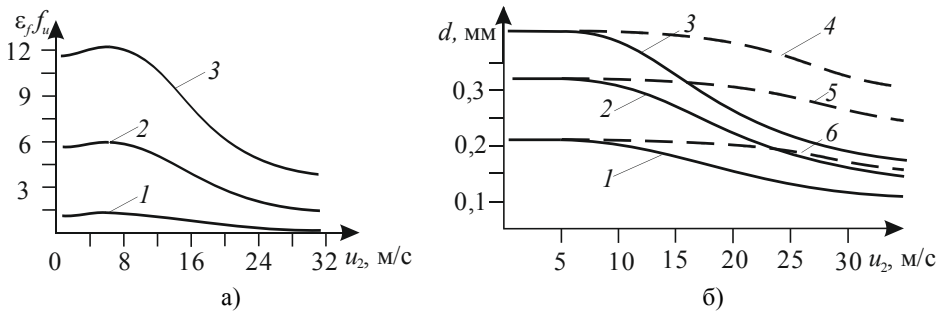


Рис. 3. Залежність $\varepsilon_f f_u = f(u_2)$ та $\delta = f(u_2)$ за різної густини пари:

- а) 1 — $\rho_2 = 0,6 \text{ кг/м}^3$; $\Gamma_v = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 2 — $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 3 — $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$;
 б) 1, 2, 3 — $\rho_2 = 0,6 \text{ кг/м}^3$; 1 — $\Gamma_v = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 2 — $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 3 — $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$;
 4, 5, 6 — $\rho_2 = 0,15 \text{ кг/м}^3$; 6 — $\Gamma_v = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 5 — $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 4 — $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$

Штрихові лінії на рис. 3б, які відображають залежність товщини плівки від швидкості пари в області розрідження, розраховані при тих же густині та в'язкості рідини, що й суцільні лінії, змінена лише густина пари для акцентування впливу густини рухомої пари на товщину плівки.

Отже, зі збільшенням швидкості парового ядра і, відповідно, дотичної напруги на міжфазній поверхні визначальним чинником впливу параметрів двофазного потоку на розвиток турбулентності є товщина плівки, а на інтенсивність тепловіддачі одночасно впливають два основні фактори: товщина плівки та ступінь її турбулізації.

Порівняння розрахункової інтенсивності тепловіддачі до плівок води та цукрового розчину в режимі випаровування з міжфазної поверхні з експериментальними даними при атмосферному тиску в трубі діаметром 20 мм наведено на рис. 3а, а при розрідженні в 0,84 бара — на рис. 3б.

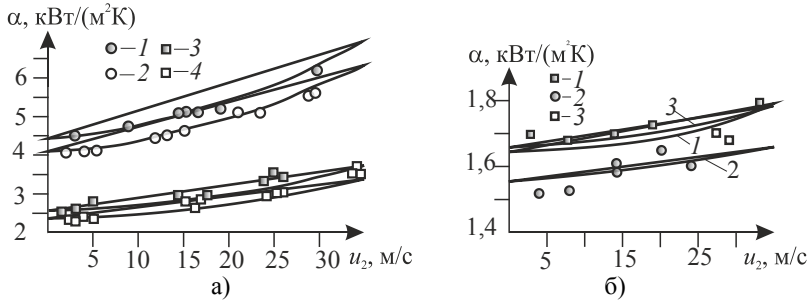


Рис. 3. Залежність $\alpha = f(u_2)$ для води і цукрових розчинів, $d = 20$ мм:
 а) $P = 10^5$ Па, 1, 2 — вода, $\Gamma_v = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 2 — $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 3, 4 — цукровий розчин концентрацією $CP = 40\%$, $\Gamma_v = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 4 — $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$. Лінії відповідають розрахунку за співвідношеннями (3, 7, 10);
 б) $P = 1,4 \cdot 10^4$ Па. Цукровий розчин концентрацією $CP = 40\%$, 1 — $\Gamma_v = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 2 — $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 3 — $0,45 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$. Лінії відповідають розрахунку за співвідношеннями (3, 7, 10), 1 — $\Gamma_v = 0,45 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 2 — $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$; 3 — $0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$

Як видно з рис. 3б, в області розрідження вплив швидкості пари на інтенсивність тепловіддачі зменшується внаслідок падіння густини пари і, відповідно, динамічної дії ядра потоку на плівку.

Порівняння розрахункових коефіцієнтів тепловіддачі до плівок води з експериментальними при атмосферному тиску в трубах діаметрами 20 та 30 мм [6] наведено на рис. 4.

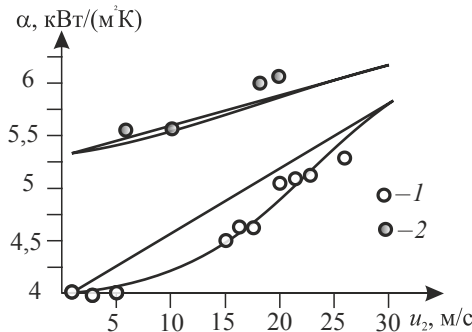


Рис. 4. Залежність $\alpha = f(u_2)$. Вода, $t = 100^\circ\text{C}$; $\Gamma_v = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$:
 1 — $d = 20$ мм; 2 — $d = 30$ мм.
 Лінії відповідають розрахунку за співвідношеннями (3), (7), (10)

Коефіцієнт гідравлічного тертя пари об поверхню плівки ξ , який входить у співвідношення для міжфазної дотичної напруги $\tau_i = \xi \rho_2 u_2^2 / 8$, розраховано за співвідношенням, рекомендованим у [7].

При більших, ніж рекомендовано, значеннях чисел Вебера та більших витратах рідини проявляється ефект знесення частини рідини з поверхні плівки у вигляді краплин з одночасним зрошенням поверхні плівки в режимі динамічної рівноваги. За таких умов унаслідок обміну краплинами параметри турбулентності змінюються, а форма кривої розподілення турбулентної в'язкості деформується. Тому отримані результати коректні лише для дослідженого діапазону зміни параметрів двофазного потоку.

Висновки

1. Потік пари над стікаючою по вертикальній поверхні труби плівкою рідини інтенсифікує тепловіддачу в усьому дослідженому діапазоні зміни швидкості пари, а ступінь впливу пропорційний динамічній дії потоку пари на плівку.

2. Зі збільшенням швидкості парового ядра визначальним чинником впливу параметрів двофазного потоку на розвиток турбулентності є товщина плівки, а на інтенсивність тепловіддачі одночасно впливають два основні фактори: товщина плівки та ступінь її турбулізації.

3. Рівняння (3) у сукупності із (7), (10) може використовуватися для розрахунку інтенсивності тепловіддачі до низхідних кільцевих парорідинних потоків у вертикальних трубах у режимі випаровування з міжфазної поверхні.

Література

1. Кулов Н. Н. Гидродинамика и массообмен в нисходящих двухфазных пленочно-дисперсных потоках: дис. ... докт.техн.наук: 05.17.08 «Процессы и аппараты химической технологии». М., 1984. 409 с.

2. Chu K. J., Dukler A. E. Statistical characteristics of thin, wavy films. Pt 111, Structure of the large waves and their resistance to gas flow. *AIChE. J.* 1975. Vol. 21, N 3. С. 583—593.

3. Ганчев Б. Г. Охлаждение элементов ядерных реакторов стекающими пленками. М.: Энергоатомиздат, 1987. 192 с.

4. Василенко С. М. Теплообмін в парорідинних течіях теплообмінних апаратів харчових виробництв: дис. ... доктора техн. наук.: 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв». К., 2003. 326 с.

5. Петренко В. П., Прядко М. О., Рябчук О. М. Моделювання теплообміну у вільно-стікаючих слабо турбулентних плівках рідини під час пароутворення. *Наукові праці НУХТ.* 2020. Т. 26, № 3. С. 147—157.

6. Ардашев В. О. Исследование теплообмена при выпаривании гравитационно-стекающей пленки жидкости в вертикальных трубах: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика». К., 1983. 202 с.

7. Петренко В. П., Прядко М. О., Рябчук О. М. Міжфазне тертя на поверхні пристінної плівки води та киплячих цукрових розчинів в режимі стікання по вертикальній поверхні. *Цукор України.* 2013. № 7—8(91—92). С. 21—24.

SELECTION OF THERMAL TREATMENT TECHNOLOGIES TO UTILIZE MUNICIPAL SOLID WASTES AND ALTERNATIVE FUELS FOR THE ENERGY SECTOR OF UKRAINE

A. Topal, I. Holenko

Institute of Coal Energy Technologies of NAS of Ukraine

L. Haponych

National University of Food Technologies

Key words:

*Municipal solid waste
Alternative fuel
Energy
Technologies
Processes
Waste-to-energy*

Article history:

Received 05.11.2020
Received in revised form
19.11.2020
Accepted 01.12.2020

Corresponding author:

L. Haponych
E-mail:
haponych@ukr.net

ABSTRACT

For the modern thermal treatment technologies of MSW/RDF to be introduced in the EU and Ukraine, it is necessary for them to comply with strict environmental requirements set out, in particular, within the EU directives (2010/75/EU, 2000/76/EU, etc.) regarding the operating parameters of new plants to be installed.

Today there is a number of proven and new/emerging thermal treatment technologies of solid waste/RDF which can be used for thermal processing of solid waste/RDF in Ukraine, but the features of their application, disadvantages and advantages, as well as the choice of optimal conditions for Ukraine must be carefully examined and defined.

In view of the above, the purpose of the study was to select and determine the most optimal technologies for thermal processing of solid waste and alternative fuels that could be implemented in Ukraine in the energy sector. The subject of the study was the processes and technological schemes of thermal utilization of solid waste/RDF, as well as their key technological parameters.

The main results of the work relates to the study of operation of the following proven and new/emerging technologies (processes) of thermal processing and their distinguished features: 1) direct combustion of solid waste/RDF while providing proper temperatures in a furnace to avoid dioxins /furans formation; 2) combustion of RDF in a circulating fluidized bed (CFB); 3) oxygen-blown gasification of not-sorted MSW; 4) air-blown gasification of RDF in a fluidized bed with intensive internal circulation); 5) gasification of RDF in a circulating fluidized bed etc.

The study was carried out relying upon the typical examples of industrial facilities in operation. Based on the study, recommendations were identified addressing the technological aspects, the technology selection principles and the feasibility of implementing each technology accounting for the needs of the energy and utilities sectors of Ukraine.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-6-13

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМІЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ

О. І. Топал, І. Л. Голенко

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

Л. С. Гапонич

Національний університет харчових технологій

Необхідною умовою впровадження сучасних технологій термічної переробки ТПВ/RDF в ЄС та Україні є додержання жорстких екологічних вимог, викладених, зокрема, у директивах ЄС (2010/75/ЄС, 2000/76/ЄС тощо) щодо режимних параметрів роботи нових установок.

На сьогодні існує низка випробуваних і нових технологій термічної переробки ТПВ/RDF, які можуть бути використані для термічної переробки ТПВ/RDF в Україні, але особливості їх застосування, недоліки й переваги, а також вибір оптимальної для умов України потребує ретельного визначення.

З огляду на зазначене метою дослідження є вибір і визначення найбільш оптимальних технологій термічної переробки ТПВ та альтернативних палив, які б можна було впровадити в Україні в енергетичному секторі. Предмет дослідження — процеси й технологічні схеми термічної утилізації ТПВ/RDF, а також їхні ключові технологічні параметри.

Основні результати дослідження полягають у вивченні особливостей експлуатації таких випробуваних і нових технологій (процесів) термічної переробки: 1) прямого спалювання ТПВ/RDF з додержанням належних температур у топковій камері; 2) спалювання RDF у циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ); 3) кисневої газифікації несортваного ТПВ; 4) газифікації RDF на повітряному дутті в киплячому шарі з інтенсивною внутрішньою циркуляцією; 5) газифікації RDF у циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ) тощо. Вивчення проведено на прикладах роботи промислових об'єктів. На основі дослідження визначені рекомендації щодо технологічних аспектів, вибору технологій і доцільності впровадження кожної з них для потреб енергетичного та комунально-побутового секторів України.

Ключові слова: *тверді побутові відходи, альтернативне паливо, енергетика, технології, процеси, відходи в енергію.*

Постановка проблеми. На цей час утилізація твердих побутових відходів (ТПВ) в Україні відбувається вкрай застарілими й екологічно небезпечними методами: або захороненням на полігонах, або шляхом спалювання майже несортваного сміття (bulk MSW combustion) в потоці полум'я газових пальників на колосникових решітках.

Водночас нещодавно прийняті нормативні документи та Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 р. сприяють впровадженню сучасних екологічно безпечних методів і технологій термічної утилізації ТПВ та альтернативних палив на їх основі (зокрема refuse derived fuel (RDF) — вторинного відновленого палива).

За офіційною статистикою в Україні у 2018—2019 рр. обсяг збирання твердих побутових відходів (ТПВ) становив 50—60 млн м³ (близько 12 млн т). Кількість ТПВ, що щорічно утворюється, приблизно становить 300—400 кг/людину. У 2019 р. в Україні перероблено й утилізовано лише 5,4% ТПВ, з них 1,7% спалено, а 3,7% потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні установки.

Водночас термічна утилізація відходів, яка відбувається без урахування особливостей морфологічного та елементного складу ТПВ, може призводити до утворення вкрай небезпечних для людини сполук (поліхлорованих вуглеводнів — діоксинів і фуранів, гранично допустимі концентрації яких становлять пікограми). Для запобігання небезпечному спалюванню ТПВ в ЄС існують жорсткі директиви (2010/75/ЄС, 2000/76/ЄС тощо [1—3]) щодо режимних параметрів нових теплових установок, які утилізують ТПВ та палива на їх основі — RDF (Refuse Derived Fuel)/SRF (Solid Recovered Fuel) [4; 5]. Вітчизняні нормативні документи, що розробляються, також сприяють поступовому витісненню спалювання несортованого ТПВ, замінюючи його або спалюванням RDF/SRF гарантованої якості, або іншими технологіями термохімічної переробки

Захоронення майже 95% необроблених ТПВ на полігонах призводить до щорічної втрати значної кількості енергоресурсів і цінних матеріалів, які містяться у відходах. За попередніми оцінками теплота згоряння ТПВ становить для міст України 4,8—7,0 МДж/кг, вона подібна до теплоти згоряння торфу та бурого вугілля (в країнах ЄС — 6—16 МДж/кг [4—5]).

Зараз у світі переважають технології (понад 60%), де застосовується пряме спалювання несортованих ТПВ у щільному шарі (у так званих «incinerator»-ах). Крім того, у світі існує стійка тенденція до застосування технологій «роздільного збирання» та «сортування» ТПВ. Сортування ТПВ не вирішує завдання повної утилізації відходів, а їх відокремлена частина, що містить органічну складову, має використовуватись для виробництва електричної та теплової енергії в екологічно безпечний спосіб. Отже, розробка та впровадження екологічно безпечних методів утилізації ТПВ та альтернативних палив на їх основі, зокрема RDF, є актуальною проблемою, вирішення якої потребує системного та науково-обґрунтованого підходу.

Серед сучасних чистих технологій, які розробляються, або, вважається, вже набули статусу випробовуваних у промисловому масштабі, слід виділити такі типові процеси: технології прямого спалювання з додержанням належних температур у топковій камері з використанням систем глибокого очищення продуктів згоряння (наприклад, вуглецевих фільтрів); технології парокисневої газифікації несортованого ТПВ; технології газифікації RDF у циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ); технології газифікації RDF на повітряному дутті в киплячому шарі з інтенсивною внутрішньою циркуляцією; технології спалювання RDF у ЦКШ.

Перспективність їх впровадження в Україні потребує врахування місцевих особливостей для створення оптимального технічного рішення, зважаючи на вітчизняні умови та світовий досвід.

У зв'язку із вищезазначеним **метою дослідження** є аналіз досвіду впровадження типових представників технологій термічної переробки, які використовуються для утилізації ТПВ, RDF/SRF на промисловому рівні; визначення їхніх недоліків і переваг; обрання найбільш перспективних для впровадження в

Україні з урахуванням локальних умов (щодо обсягів і характеристик відходів) і розроблення відповідних рекомендації.

Викладення основних результатів дослідження. Узагальнений досвід використання технологій термічної переробки твердих побутових відходів та альтернативних палив їх основи в країнах ЄС викладено у табл. 1 [6].

Таблиця 1. Поширення використання технологій термічної переробки ТПВ та альтернативних палив на їх основи за видом процесу чи/та технологічного обладнання

| Технологія або тип утилізації | ТПВ | Решта відходів, які не становлять небезпеку | Небезпечні відходи | Стічні води | Медичні відходи |
|--|------|---|--------------------|-------------|-----------------|
| Колосникові решітки прямого/зворотного ходу, у т. ч. | 56% | 43% | 0 % | 0% | 0% |
| вібраційні | 0% | 0% | 11% | 0% | 0% |
| рухомі | 24% | 27% | 0% | 0% | 0% |
| ланцюгові колосникові | 12% | 10% | 0% | 0% | 0% |
| - водоохолоджувані | 22% | 48% | 17% | 0% | 0% |
| - решітка з обертОВОЮ піччЮ | 0,5% | 0% | 2% | 0% | 0% |
| ОбертОВІ печі | 2% | 0% | 70% | 0% | 0% |
| Топки з неруХОМим ПОДОМ | 0% | 0% | 0% | 0% | 67% |
| НеруХОМІ топки | 0% | 0% | 16% | 0% | 0% |
| Топки киплячого шару | 2% | 13% | 0% | 90% | 0% |
| Топки циркулюючого киплячого шару (ЦКШ) | 3% | 8% | 0% | 10% | 0% |
| Реактори піролізери | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Станцій з газифікації | 0,5% | 0% | 0% | 0% | 33% |

Видно, що у переважній більшості (за обсягом потужності) для термічної переробки ТПВ використовуються спалювання на різних типах решіток і лише незначна кількість припадає на інші технології, які є перспективними та лише починають поступове впроваджуватися (спалювання у ЦКШ, газифікація тощо).

Діапазон продуктивності заводів з переробки відходів різних типів, які встановлені у ЄС, змінюється в широких межах (табл. 2) [6].

Таблиця 2. Середня продуктивність заводів з переробки ТПВ у ЄС

| Країна | Середня продуктивність заводів-інсінераторів з переробки ТПВ, тис. т/рік |
|-----------------|--|
| Австрія | 178 |
| Бельгія | 141 |
| Данія | 114 |
| Фінляндія | 180 |
| Франція | 113 |
| Німеччина | 256 |
| Італія | 161 |
| Нідерланди | 488 |
| Португалія | 390 |
| Іспанія | 264 |
| Швеція | 136 |
| Велика Британія | 246 |
| Норвегія | 60 |
| Швейцарія | 110 |

Є заводи, що переробляють близько 1 млн т ТПВ на рік, але середня продуктивність (по ЄС) близько 190 тис. т на рік.

Типова одинична продуктивність заводів з термічної переробки ТПВ залежно від типу технології, що використовуються, наведена у табл. 3 [6].

Таблиця 3. Типові діапазони одиничної продуктивності заводів із термічної переробки ТПВ/альтернативних палив на їх основі за видом технології

| Технологія/обладнання | Типова одинична потужність, т/добу |
|-----------------------|------------------------------------|
| Рухома решітка | 120—720 |
| Киплячий шар (КШ) | 36—200 |
| Обертюва піч | 10—350 |
| Піроліз | 10—100 |
| Газифікація | 250—500 |

З огляду на наведені дані, доцільно розглянути особливості кожної технології в контексті її недоліків/переваг і можливого вибору для використання в енергетичному секторі України.

Спалювання несортюваних ТПВ у топкових камерах з рухомою решіткою. Технології спалювання на решітці є найпоширенішими серед технологій, які використовуються для утилізації твердих побутових (зазвичай, несортюваних) відходів [7; 8]. Особливості технології та процесу: перед спалюванням паливо фактично не подрібнюється і не підсушується. Завдяки високому вмісту вологи вихідного палива досягти високих температур у топковій камері та відповідного додержання вимог з витримки продуктів згоряння упродовж не менше 2 с при температурі понад 1200°C не вдається без використання допоміжного палива — природного газу. Водночас використання таких інсенеаторів (на основі спалювання в нерухомому шарі) для утилізації ТПВ залишається найпоширенішим у світі.

До ключових переваг технології слід віднести: відсутність етапу сортування ТПВ (немає витрат на сортування, крім видалення металевих і габаритних предметів); відсутність етапу паливопідготовки (подрібнення), є лише магнітна сепарація.

До ключових недоліків технології слід віднести: неможливість вилучити цінні продукти для вторинного (неенергетичного) використання; утворення надзвичайно шкідливих (канцерогенних) продуктів згоряння — діоксинів і фуранів; обмежена можливість використання шлаку.

Газифікація несортюваних ТПВ у потоці на парокисневому дутті [7; 9]. Серед перспективних технологій утилізації несортюваних побутових відходів деякий час розглядалась технологія парокисневої газифікації несортюваних ТПВ у потоці (наприклад, Thermoselect). Особливістю процесу було використання кисневого дуття в нижній частині газифікатора для досягнення високих температур у цій зоні близько 1600—2000°C з метою формування рідкого шлаку.

Водночас на виході газифікатора досягались температури синтез-газу близькі до 1200°C. Це забезпечувало розпад поліхлорованих вуглеводнів завдяки необхідному часу перебування синтез-газу (понад 2 с) в зоні підвищених температур (понад 1200°C). Крім того, різке охолодження синтез-газу на виході газифікатора впорскуванням води не давало можливості відновитись поліхлорованим вуглеводням.

Отриманий на виході синтез-газ передбачалось очистити та в подальшому використовувати для різних цілей: прямого спалювання для отримання теплової або електричної енергії; або виробництва цінних хімічних продуктів (водню, метанолу, аміаку тощо). Шлак у вигляді металів, який утворився від неорганічної складової відходів, міг би використовуватись у подальшому.

У світі було збудовано декілька потужних газифікаційних заводів з переробки ТПВ за технологією Thermoselect. Так, у Німеччині в м. Karlsruhe збудований завод TESS (Thermoselect Stuwest); введення в експлуатацію відбулось у 1999 р.; потужність з переробки ТПВ: 247,5 тис. т/рік; склад: три лінії, кожна продуктивністю 11 т/год; використання синтез-газу: спалювання у котлі-утилізаторі, що виробляє пар для парової турбіни (теплопостачання населенню). Найбільш поширеними стали такі газифікаційні заводи в Японії, де технологія була доопрацьована. Наприклад, на заводі Kawasaki Steel Chiba, що належить Kawasaki Steel Corporation; введення в експлуатацію відбулось у вересні 1999 р.; потужність заводу з переробки ТПВ: 110 тис. т/рік; склад: дві лінії, кожна продуктивністю 6,88 т/год; використання синтез-газу: спалювання у двигуні Jenbacher GasEngine та на заводі Chiba Works.

До ключових переваг технології слід віднести: відсутність етапу сортування ТПВ (немає витрат на сортування); можливість використання шлаку; низький рівень викидів (відповідає вимогам ЄС); фактична відсутність викидів діоксиду/фурану; часткове вилучення цінних продуктів (розплавлені метали) для вторинного (неенергетичного) використання (recycling).

До ключових недоліків технології слід віднести: значні капітальні витрати (CAPEX); значні експлуатаційні витрати (OPEX); складність процесу.

Газифікація вторинного палива (RDF) у ЦКШ [10]. Технології газифікації у ЦКШ добре відпрацьовані принаймні на вугіллі. Особливістю реактора газифікатора є робота на порівняно низьких температурах 900—920°C, повітряне дуття та багаторазова внутрішня циркуляція матеріалу в контурі газифікатора (газифікатор-циклон). Паливо для газифікатора — RDF, яке не містить залізних предметів, є подрібненим належним чином до 1—5 см.

Типова технологічна схема газифікації RDF/SRF випробувана в промисловому масштабі на ТЕЦ Lahti, Фінляндія (застосовані технології Metso, Foster Wheeler): в основі технологічного процесу на ТЕЦ Lahti Energia II є газифікація RDF/SRF (Metso). Переробляється 250 тис. т RDF/рік; тепла потужність ТЕЦ — 90 МВт для централізованого теплопостачання; електрична потужність — 50 МВт; у складі ТЕЦ — два ЦКШ-газифікатори тепловою потужністю 80 МВт кожний.

До ключових переваг технології слід віднести: низький рівень викидів (відповідає вимогам ЄС), інтегрованість у концепцію «роздільного збирання» та «сортування».

Ключові недоліки технології: необхідність «сортування» та паливо-підготовки (подрібнення); більш складний процес, ніж просте спалювання; проблеми з утилізацією золи; більші CAPEX/OPEX (порівняно зі stoker-спалюванням на решітці).

Спалювання та газифікація вторинного палива (RDF) у киплячому шарі з розвиненою внутрішньою циркуляцією на повітряному дутті та формуванням шлаку. Зазначена технологія (IC-FBC, фірми Ebara, Японія) [11—13] відрізня-

ється оригінальним підходом та урахуванням недоліків вищеперелічених процесів. Особливістю запропонованого реактора з киплячим шаром є надзвичайна висока внутрішня циркуляція матеріалу шару завдяки специфічній геометрії нижньої частини реактора й організації повітряного дуття.

Випарні поверхні винесені із зони активної циркуляції у пристінні кишені для запобігання абразивному зношенню. Характерна особливість технологічної схеми полягає у використанні отриманого низькокалорійного синтез-газу для переплавлення леткої золи (випару) з газифікатора при високих температурах. Фактично це дає змогу отримати «осклований» шлак, який позбавлений недоліків леткої золи, притаманної ЦКШ-процесу (при низьких температурах). У подальшому продукти згоряння синтез-газу використовуються в котлі-утилізаторі для виробництва пари й централізованого теплопостачання.

Зазначена технологія набула промислового поширення в Японії переважно на котлах малої та середньої паропродуктивності (в межах 20—50 т пари /год).

До ключових переваг технології слід віднести: низький рівень викидів (відповідає вимогам ЄС); інтегрованість у концепцію «роздільного збирання» та «сортування»; можливість використання шлаку; можливість використання більш грубо подрібненого RDF або ТПВ.

Ключові недоліки технології: необхідність «сортування» та паливо-підготовки (подрібнення); більш складний процес, ніж просте спалювання; незначна потужність парових котлів, що залучені до складу технологічної схеми; більші CAPEX/OPEX (відносно технологій із спалюванням).

Спалювання вторинного палива в циркулюючому киплячому шарі. Технології спалювання в циркулюючому киплячому шарі є добре відпрацьованими принаймні на різних видах палива [14—16]. Для потужних ТЕС, які спалюють вугілля, досяжна електрична потужність енергоблоків, до складу яких входять ЦКШ-парогенератори, становить 300—600 МВт. У світі існує позитивний досвід спалювання RDF/SRF у ЦКШ котлах, щоправда меншої потужності,

Особливість процесу спалювання у ЦКШ RDF/SRF полягає в роботі топкової камери на порівняно низьких температурах 900—920°C та забезпеченні багатократної внутрішньої циркуляції матеріалу в контурі (топкова камера-циклон-топкова камера). Паливо має подрібнюватись до розміру 1—5 мм. Зазначена технологія набула промислового поширення по всьому світу на котлах паропродуктивності (до 900—950 т пари/год). До ключових переваг технології слід віднести: низький рівень викидів (відповідає вимогам ЄС); інтегрованість у концепцію «роздільного збирання» та «сортування»; можливість використання більш грубоподрібненого RDF або ТПВ. Ключові недоліки технології: необхідність «сортування» та паливопідготовки (подрібнення); обмежена можливість використання золи (потребує дослідження).

Висновки

На підставі здійсненого аналізу поточного стану розвитку технологій, що використовуються для утилізації ТПВ, RDF/SRF з урахуванням особливостей морфологічного й елементного складу ТПВ в Україні, а також тенденцій і розвитку екологічного законодавства в Україні та країнах ЄС, можна зробити такі висновки щодо вибору і впровадження розглянутих технологій в енергетичному та комунально-побутовому секторах України:

1. В Україні накопичено та продовжує накопичуватись значна кількість несортованих твердих побутових відходів/ТПВ, що зберігаються на тисячах полігонів, більшість з яких є несанкціонованими звалищами сміття. Кількість ТПВ, що щорічно утворюється, приблизно становить 300—400 кг/людину.

2. Зараз у світі переважають технології (понад 60%), де застосовується пряме спалювання несортованих ТПВ у щільному шарі (у так званих «incinerator»-ах). Водночас у світі існує стійка тенденція до застосування технологій «роздільного збирання» та «сортування» ТПВ.

3. Зазвичай, досягнення повного (100%) роздільного збирання досягнути не вдається і на частку вторинного палива (SRF/RDF), отриманого з відходів, припадає 15—30%, яке має енергетичну цінність (9—16 МДж/кг).

4. Отже, в Україні існує потреба у в оптимальному виборі, розробці та впровадженні нових екологічно безпечних технологій термічної переробки ТПВ/вторинного палива, які можна було б використати для отримання теплової та електричної енергії.

Здійснений аналіз дає змогу узагальнити рекомендації щодо вибору та впровадження різних технологій утилізації ТПВ та палив на їх основі залежно від їх опрацьованості та екологічних наслідків:

1. Спалювання несортованого ТПВ у щільному шарі на решітці слід вважати застарілим. Воно потребує значних витрат природного газу на підтримання спалювання відходів, не забезпечує якості золошлакових відходів, необхідної для їх подальшого використання.

Метод слід вважати неперспективним для поширення в Україні з огляду на відсутність можливості інтеграції в концепцію «роздільного збирання» та ресайклінгу; можливим є застосування лише за певних умов: глибоке очищення продуктів згоряння тощо.

2. Спалювання RDF у щільному/рухомому шарі на решітці слід вважати можливим та перспективним засобом утилізації палив з ТПВ з огляду на відпрацьованість процесу, його дешевизну та надійність роботи обладнання. Водночас необхідною вимогою впровадження є укомплектування таких заводів очисним обладнанням (від викидів оксидів азоту, двооксиду сірки та пилу).

3. Незважаючи на привабливість отримання синтез-газу та вторинних субпродуктів (металів тощо), впровадження парокисневої газифікації несортованих ТПВ в Україні на цей час недоцільне (або вкрай обмежене) з огляду на відсутність можливості інтеграції в концепцію «роздільного збирання» та значних фінансових витрат (на OPEX/CAPEX).

4. За умов розвитку ринку RDF в Україні слід вважати газифікацію вторинного палива (RDF) в циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ) на повітряному дутті помірно перспективною (у зв'язку із складністю організації стабільних експлуатаційних показників обладнання). Рішення щодо впровадження технології потребує ретельного аналізу в рамках ТЕО для обраних локальних умов.

5. Газифікацію вторинного палива (RDF) в киплячому шарі з розвиненою внутрішньою циркуляцією (аналоги IC-FBC) на повітряному дутті та формуванням шлаку слід вважати перспективною для впровадження в Україні з урахуванням відпрацьованої потужності установок.

6. Технологію спалювання вторинного палива (RDF) в циркулюючому киплячому шарі слід вважати перспективною для впровадження в Україні в межах відпрацьованої потужності установок, у тому числі значної потужності.

Література

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. *Official Journal of the European Union*. 22.11.2008. L 312. P. 3—30. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj>.

2. Commission Decision of 18 December 2014 amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council Text with EEA relevance. *Official Journal of the European Union*. 30.12.2014. L 370/44. URL: <http://data.europa.eu/eli/dec/2014/955/oj>.

3. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). *Official Journal of the European Communities*. 2010. L 334. P. 17—119. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj>.

4. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration. Frederik Neuwahl, Gianluca Cusano, Jorge Gómez Benavides, Simon Holbrook, Serge Roudier. JRC. 2019. 764 p. doi: 10.2760/761437, ISBN 978-92-76-12993-6. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/075477b7-329a-11ea-ba6e-01aa75ed71a1/language-en>.

5. Haponych L. S., Golenko I. L., Topal A. I., Legislation, current situation and prospects of using municipal solid waste as energy resource in Ukraine. *The problems of general energy*. 2019. № 3(58), С. 45—54. URL: <https://doi.org/10.15407/pge2019.03.045>.

6. Буляндра О., Гапонич Л., Голенко І., Топал О. Перспективи використання палива з твердих побутових відходів на ТЕЦ цукрових заводів. *Наукові праці НУХТ*. 2020. Том 26, № 3. С. 137—146. URL: DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-3-16.

7. Themelis N., Barriga M., Estevez P. et al. Guidebook for the Application of Waste to Energy Technologies in Latin America and the Caribbean. WTE Guidebook. EEC/IDB. Columbia University. 2013. 228 p. URL: http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/pressreleases/Guidebook_WTE_v5_July25_2013.pdf.

8. Гапонич Л. С., Голенко І. Л., Топал А. И., Перспективы использования SRF и RDF на цементных заводах Украины. *Екологічні науки*. 2020. № 3(30). С. 92—97. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.15>.

9. Yamada S., Shimizu M., Miyoshi F. JFE Technical report. 2014. No. 3. P. 21—26.

10. Advancing CFB technology brochure Sumitomo SHI FW. URL: https://www.shi-fw.com/wp-content/uploads/2020/05/Brochure_CFB_29Apr20e.pdf.

11. Hirota T., Ohshita T., Kosugi S. et al. Characteristics Of The Internally Circulating Fluidized Bed Boiler, Technical Report. Ebara Corporation. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/CHARACTERISTICS-OF-THE-INTERNALLY-CIRCULATING-BED-Ohshita-Kosugi/dda22b0be0c1a6067f88e2b18b95edc48b0d267b?p2df>.

12. Fluidized-bed incinerator system TIF. EBARA environmental plant. URL: <https://www.eep.ebara.com/en/products/incineration.html>.

13. Fluidized-bed gasification and ash melting system TIGF. EBARA environmental plant. URL: <https://www.eep.ebara.com/en/products/melting.html>.

14. EU, “Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration”, European Commission, Brussel. 2006. 602 p. URL: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wt_bref_0806.pdf.

15. Mutz D., Hengevoss D., Hugi C. et al. Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management. A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Eschborn, May 2017. 58 p. URL: https://www.giz.de/en/downloads/GIZ_WasteToEnergy_Guidelines_2017.pdf.

16. Вольчин І. А., Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику країни, І. А. Вольчин, Н. І. Дунаєвська, Л. С. Гапонич, М. В. Чернявський, О. І. Топал, Я. І. Засядько. К.: ГНОЗІС, 2013, 310 с.

INVESTIGATION OF INFLUENCE OF STRUCTURAL ELEMENTS OF THE RECEIVING CHAMBER ON THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF THE LIQUID-GAS EJECTOR

A. Sliusenko, V. Ponomarenko, S. Lementar, N. Pushanko

National University of Food Technologies

Key words:

Ejector

Ejection coefficient

Receiving chamber

Mixing chamber

Passive medium supply

Article history:

Received 18.11.2020

Received in revised form
02.12.2020

Accepted 16.12.2020

Corresponding author:

A. Sliusenko

E-mail:

andriy_slyusenko@

ukr.net

ABSTRACT

Jet devices (ejectors) are used in various industries for carrying out both basic and auxiliary technological processes. It's explained by their reliability of operation and the relatively low cost of manufacturing and maintenance. However, the main disadvantage of such equipment is its low coefficient of efficiency (COE). With all the simplicity of the design, no way has yet been found to significantly increase it. Since the design of the apparatus is quite simple, the role of each element, their relative position and size play an important role in improving the technical and operational characteristics.

One of the main characteristics of ejectors is the ejection coefficient K_{ej} , which characterizes the amount of captured passive phase per unit of active phase. This indicator becomes decisive when carrying out high-intensity mass transfer processes in jet devices.

The analysis of the ejectors' designs shows that the receiving chamber plays an important role in the operation of the apparatus. It should provide uniform supply of the passive medium to the outer surface on of the active liquid jet with minimal hydraulic resistance.

Typically, the design of the receiving chamber of ejectors is cylindrical and has one branch pipe for supplying the passive medium. The operation of such an ejector is characterized by insufficient interaction between the phases, which does not allow achieving a high K_{ej} .

According to the above, the purpose of this work was to study the influence of the structural features of the elements of the receiving chamber (chamber design, the number of inlet pipes of the passive medium) on the ejector efficiency.

To achieve this goal experimental device was created on which a classic water-air jet apparatus with a cylindrical mixing chamber and a new energy-efficient ejector with a combined finite-cylindrical mixing chamber and various designs of the receiving chamber were studied.

As a result of the studies, the influence of the structural elements of the receiving chamber on the ejection coefficient of jet devices was established and recommendations for improving their design were formulated.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-6-14

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИЙМАЛЬНОЇ КАМЕРИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІДИННО-ГАЗОВОГО ЕЖЕКТОРА

А. М. Слюсенко, В. В. Пономаренко, С. Ю. Лементар, М. М. Пушанко
Національний університет харчових технологій

Струминні апарати (ежектори) застосовуються в різних галузях промисловості для проведення як основних, так і допоміжних технологічних процесів, що пояснюється надійністю їх роботи та відносно низькою вартістю виготовлення й технічного обслуговування. Основним недоліком такого обладнання є низький коефіцієнт корисної дії (ККД). При всій простоті конструкції досі так і не знайдено шляхів його істотного підвищення. Оскільки конструкція апарата достатньо проста, то роль кожного елемента, їх взаємне розташування та розміри мають важливе значення в підвищенні техніко-експлуатаційних характеристик. Однією з таких є коефіцієнт ежекції $K_{еж}$, який характеризує кількість захопленої пасивної фази на одиницю активної. Цей показник стає визначальним при проведенні в струминних апаратах масообмінних процесів високої інтенсивності.

Аналіз конструкцій ежекторів показує, що приймальна камера відіграє важливу роль у роботі апарата та повинна забезпечувати при мінімальному гідравлічному опорі рівномірне підведення пасивного середовища до зовнішньої поверхні факела активного струменя рідини.

Зазвичай, конструкція приймальної камери ежекторів циліндричної форми має один патрубок для підводу пасивного середовища. Робота такого ежектора характеризується недостатньою взаємодією між фазами, що не дає змоги досягти високого $K_{еж}$. Відповідно до цього у статті досліджено вплив елементів приймальної камери (конструкції камери, кількості підвідних патрубоків пасивного середовища) на ефективність роботи ежектора. Для цього створено експериментальну установку, на якій досліджувалися класичний водо-повітряний струминний апарат з циліндричною камерою змішування і новий енергоефективний ежектор з комбінованою (конічно-циліндричною) камерою змішування та різними конструкціями приймальної камери.

У результаті проведених досліджень встановлено вплив елементів приймальної камери на коефіцієнт ежекції струминних апаратів і сформовано рекомендації щодо її конструкційного виконання.

Ключові слова: ежектор, коефіцієнт ежекції, приймальна камера, камера змішування, підвід пасивного середовища.

Постановка проблеми. Струминні апарати (ежектори) завдяки своїй простій конструкції знайшли широке використання в різних галузях промисловості: хар-

човій, хімічній, нафтовій, авіабудуванні тощо. Як відомо, високоефективна робота ежекторів залежить від багатьох факторів, в тому числі від правильного вибору конструкційних параметрів.

Одним із важливих елементів струминного апарата є приймальна камера, призначена для підводу пасивного середовища до камери змішування. Слід зазначити, що приймальну камеру можна розглядати як початок камери змішування, оскільки в ній починається взаємодія між фазами, передача енергії активного середовища пасивному та починає формуватися двофазний потік.

При проектуванні струминних апаратів для проведення технологічних процесів харчової промисловості згідно з технологічним регламентом і з високою інтенсивністю необхідно мати достатню кількість газової фази, яка потрапляє через приймальну камеру до камери змішування, де й відбуваються масообмінні процеси та досягається необхідна якість оброблення. Для цього струминним апаратом повинна бути забезпечена робота з високим коефіцієнтом ежекції ($K_{еж}$), який являє собою відношення витрати пасивного середовища ($Q_{пас}$) до активного ($Q_{акт}$).

У запропонованому дослідженні проведено аналіз впливу елементів конструкції приймальної камери на роботу ежектора і на основі проведених досліджень розроблено рекомендації щодо її конструювання.

Досліджено роботу ежектора з циліндричною камерою змішування (класичного типу) і різними конструкціями приймальної камери, а також нового енергоефективного ежектора з конічно-циліндричною (комбінованою) камерою змішування й аналогічними приймальними камерами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі дослідження [1—5], у яких рекомендується виконувати перехідну частину від приймальної до змішувальної камери різної форми: криволінійною, конфузornoю, по лемніскаці. На розташування та кількість підвідних патрубків газу увага не зверталась.

У [6] представлені результати дослідження роботи ежектора при тангенційному підведенні пасивного середовища в приймальну камеру та з різною формою підвідних патрубків. Встановлено, що при однакових витратах робочого середовища швидкість пасивного потоку в підвідних патрубках є різною. Для характеристики конструкції ежектора авторами введено параметр куткової швидкості w_i — відношення швидкості пасивного середовища в тангенційному каналі до радіуса приймальної камери. Виявлено, що при збільшенні w_i витрата пасивного середовища зменшується.

Для зменшення гідравлічних втрат у струминному апараті у [7] пропонується підвід пасивного середовища в приймальну камеру виконати через патрубок, який розташований під кутом 45° в напрямку руху активного потоку. Порівняння коефіцієнтів опору руху пасивного потоку з таким підведенням та при підводі газу в приймальну камеру під прямим кутом показує, що в першому випадку втрати напору в 2,4 раза нижчі, ніж при другому.

У [8] представлена конструкція струминного апарата, приймальна камера якого виконана з воронки у формі усіченого конуса, сегмента кульової та напівсферичної обичайок, а також профільованої кільцевої вставки. Таке складне конструктивне виконання приймальної камери, на думку авторів, приводить до підвищення ефективності роботи ежектора за рахунок рівномірного входу пасивного

середовища в камеру змішування. Крім того, в результаті розвороту газу на 180° в напівсферичній обичайці приймальної камери досягається швидке вирівнювання поля швидкостей потоків у камері змішування. Кільцева вставка приводить до зменшення зворотно-циркуляційних потоків між робочим соплом і напівсферичною обичайкою. Однак підтвердженень ефективності роботи струминного апарата такої конструкції немає.

Слід відмітити ту особливість конструктивного виконання ежекторів, що в більшості випадків підвід пасивного середовища до камери змішування здійснюється через приймальну камеру з одним підвідним патрубком, який розташований під прямим кутом відносно осі струминного апарата.

Необхідно констатувати той факт, що зазначені вище рекомендації дають змогу покращити роботу ежекторів (наприклад, збільшити коефіцієнт ежекції) лише на декілька відсотків. З цього можна зробити висновок, що, незважаючи на важливість робіт зі встановлення оптимальних розмірів і співвідношень при проектуванні ежекторів, раціонального конструкційного виконання підводу пасивного середовища в камеру змішування ще не запропоновано.

Мета статті: дослідити вплив елементів приймальної камери (конструкції камери, кількості підвідних патрубків пасивного середовища) на ефективність роботи ежектора, оцінену за коефіцієнтом ежекції.

Матеріали і методи. Для досягнення поставленої мети була виготовлена експериментальна установка [9], на якій досліджувався водо-повітряний струминний апарат з різними конструкціями підводу пасивного середовища та циліндричною і конічно-циліндричною камерами змішування. В усіх випадках робоче сопло мало діаметр 4 мм. Діаметр камер змішування складав 27 мм, довжина — 216 мм. Відстань від вихідного перерізу сопла до початку камери змішування становила 4 мм.

Як робоче сопло була використана універсальна форсунка з нахиленими підвідними каналами та рухомим плунжером усередині її корпусу. Це дало змогу регулювати витрату рідини через сопло та змінювати характер течії. Особливістю такої форсунки є отримання на виході із сопла високотурбулізованого потоку рідини, що дає змогу досягати високого значення $K_{еж}$ за рахунок швидкого розпаду струменя рідини й утворення нестійких крапель, які схильні до повторного розпаду. Дослідження ежекторів проводились за умови, коли робота форсунки відповідає відцентрово-струминній течії рідини із сопла та має кут розпилення $28...30^\circ$.

Викладення основних результатів дослідження. Для визначення раціональної конструкції приймальної камери, кількості підвідних патрубків і місця підводу пасивного середовища до камери змішування, при яких досягається найвищий $K_{еж}$, було розроблено та досліджено струминні апарати, конструкції яких зображені на рис. 1 та 2.

Конструкція струминного апарата з циліндричною камерою змішування (рис. 1) є типовою. Такий ежектор використовується в різних сферах виробництва завдяки простому виготовленню. Для нього розглянуто два варіанти підведення пасивного середовища:

- класичний, через один підвідний патрубок до приймальної камери (рис. 1а);

- через два підвідні патрубки до приймальної камери та встановлений усередині газорозподільник, що являв собою диск з рівномірно розміщеними по периметру отворами (рис. 1б).

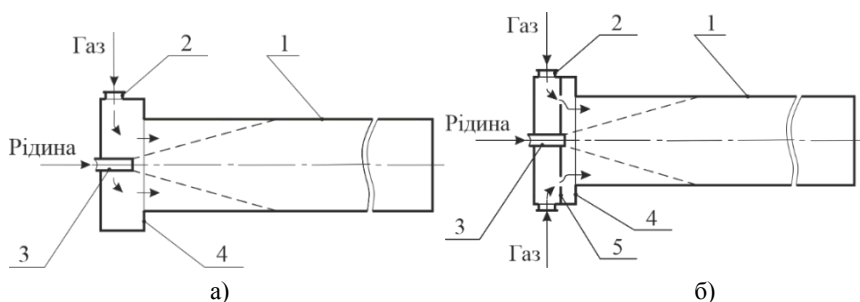


Рис. 1. Конструкція струминного апарата з циліндричною камерою змішування:

а) — підведення пасивного середовища виконано через один патрубок у приймальній камері (класичний); б) — підведення газу здійснюється через два патрубки та газорозподільник у приймальній камері;

1 — камера змішування; 2 — патрубок для підводу пасивного середовища; 3 — робоче сопло; 4 — приймальна камера; 5 — газорозподільник

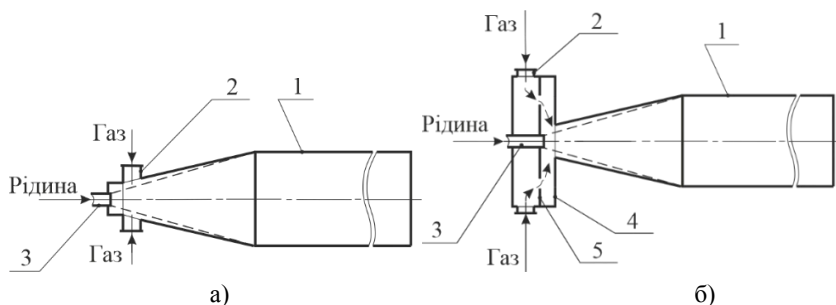


Рис. 2. Конструкція струминного апарата з комбінованою камерою змішування:

а) — підведення пасивного середовища здійснюється через два патрубки, що виконані в кінцевій частині камери змішування; б) — підведення газу виконано через два патрубки та газорозподільник у приймальній камері;

1 — камера змішування; 2 — патрубок для підводу пасивного середовища; 3 — робоче сопло; 4 — приймальна камера; 5 — газорозподільник

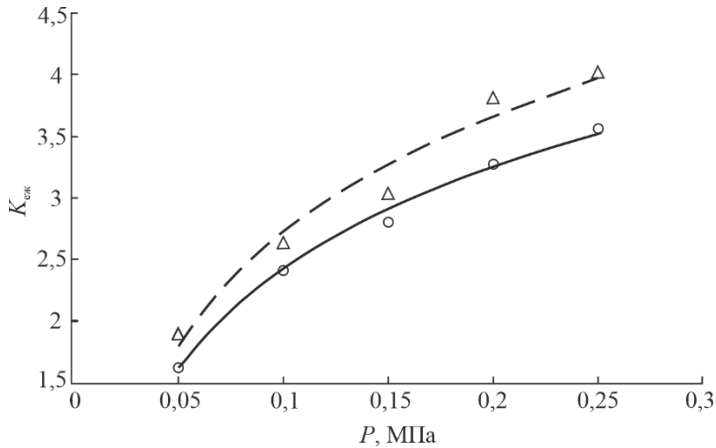
На рис. 2 зображено інноваційний струминний апарат з комбінованою (кінечно-циліндричною) камерою змішування. В ньому перехід від приймальної камери до циліндричної камери змішування виконаний через зрізаний конус з кутом при вершині 25° . При такому виконанні камери змішування забезпечується зазор між зовнішньою поверхнею факела розпиленої рідини і внутрішньою поверхнею кінцевої частини для можливості ежекції газу на достатній довжині потоку.

Підведення пасивного середовища в ежектор (рис. 2а) було виконане двома патрубками на початку кінцевої частини камери змішування, що забезпечує вхід газу з мінімальним опором.

Підведення пасивного середовища в струминний апарат (рис. 2б) здійснюється через два патрубки в приймальну камеру, в якій також був встановлений

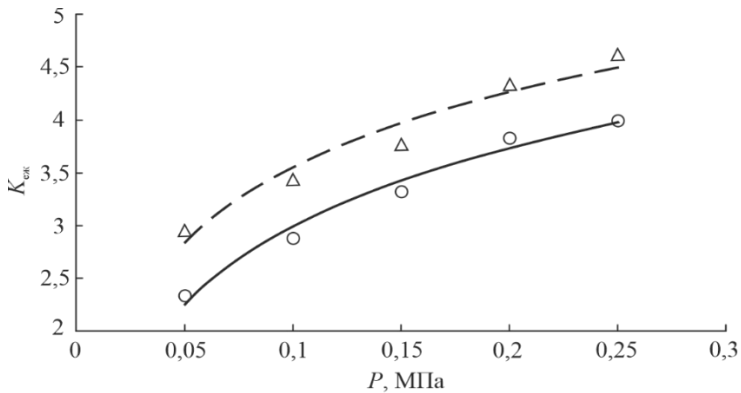
газорозподільник. Така конструкція підведення газу гарантувала рівномірне розподілення повітря по кільцевому зазору між факелом розпиленої води та кінцевою стінкою перехідної ділянки.

Дослідження роботи ежекторів з різними конструкціями приймальних і змішувальних камер, обробка результатів за загальноприйнятими методиками дали змогу отримати залежності коефіцієнта ежекції $K_{еж}$ від тиску P подачі активного середовища, що представлені на рис. 3 та 4.



- Підведення газу через один патрубок у приймальній камері
- △ Підведення газу через два патрубки та газорозподільник у приймальній камері

Рис. 3. Залежність $K_{еж}$ від P для ежектора з циліндричною камерою змішування та різними варіантами підведення пасивного середовища



- Підведення газу через два патрубки в кінчій частині
- △ Підведення газу через два патрубки та газорозподільник у приймальній камері

Рис. 4. Залежність $K_{еж}$ від P для ежектора з кінчно-циліндричною камерою змішування та різними варіантами підведення пасивного середовища

Аналіз результатів досліджень струминного апарата з циліндричною камерою змішування. Зазвичай, конструкція приймальної камери в ежекторів з циліндричною камерою змішування виконана так, як показано на рис. 1а. Вважається, що одного підвідного патрубку пасивного середовища достатньо для розподілу газу по всій поверхні факела розпиленої рідини.

Однак результати наших досліджень (рис. 3) спростовують це твердження. Якщо приймальну камеру виконати з двома патрубками підводу пасивного середовища та встановити в ній газорозподільник (рис. 1б), то коефіцієнт ежекції такого струминного апарата на 13...17% стає вищим, ніж в ежектора, в якому підвід газу до приймальної камери здійснюється через один підвідний патрубок (рис. 1а).

Пояснити такі результати можна таким чином: при розпиленні рідини із сопла найбільше розрідження та максимальна швидкість активного потоку досягаються у вхідному перерізі камери змішування. На незначній відстані від сопла форсунки відбувається розпад струменя під дією поперечних пульсацій та формування крапель рідини, що приводить до захоплення газової фази й утворення зони змішування. У разі, коли підвід пасивної фази в приймальну камеру відбувається через один патрубок, повітря ежектуються переважно тією частиною рідини, яка рухається зі сторони вхідного патрубка. Тобто не вся поверхня рідини рівноцінно бере участь у захопленні газу і подальшому його переміщенню в камеру змішування.

У разі підводу газу в приймальну камеру через два патрубку та розміщений всередині газорозподільник у вигляді диска з отворами досягається більш рівномірне розподілення повітря по поверхні факела розпиленої води. Взаємодія рідкої та газової фази відбувається на більшій площі, тому коефіцієнт ежекції збільшується.

Аналіз результатів досліджень струминного апарата з конічно-циліндричною камерою змішування. На рис. 4 представлена залежність $K_{\text{еж}}$ від P для ежектора з конічно-циліндричною камерою змішування та різними способами підведення пасивного середовища. Якщо підвід повітря до камери змішування здійснюється через приймальну камеру з двома підвідними патрубками та газорозподільником в ній, то $K_{\text{еж}}$ такого струминного апарата, залежно від тиску активного середовища, вищий на 16...27% порівняно з ежектором, в якому підвід газу здійснюється через два підвідні патрубку в конічній частині.

Отримані результати можна пояснити так: якщо підвід газу в ежектор (рис. 2а) виконаний підвідними патрубками в конічну частину камери змішування (безпосередньо в зону низького тиску), то повітря ежектуються тією частиною струменя рідини, яка знаходиться в зоні підвідних патрубків.

При підводі пасивного середовища в камеру змішування через приймальну камеру з двома патрубками та газорозподільником (рис. 2б) досягається рівномірне розподілення газу по всій поверхні розпиленої рідини. Своєю чергою, збільшення поверхні контакту фаз приводить до підвищення $K_{\text{еж}}$.

Порівняння ефективності роботи струминних апаратів (рис. 5) з різними камерами змішування, але однакою виконанням підводу пасивного середовища до

неї (через приймальну камеру з двома підвідними патрубками та газорозподільником всередині), показує беззаперечну перевагу запатентованої конструкції ежектора з конічно-циліндричною камерою змішування [10].

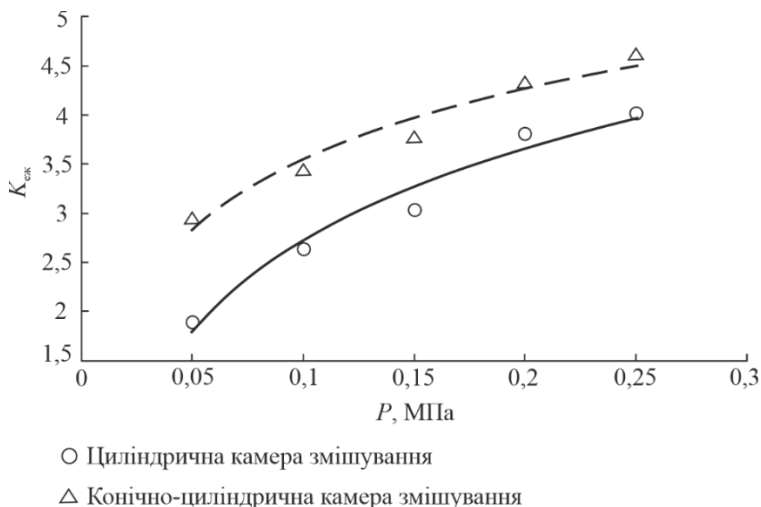


Рис. 5. Залежність $K_{ек}$ від P для ежекторів з різними камерами змішування

При використанні ежектора нової конструкції можна досягти на 15...30% вищий $K_{ек}$, ніж у класичного ежектора з циліндричною камерою змішування. Отримані результати підтверджують ефективність цієї запатентованої конструкції струминного апарату, у якого перехід від приймальної камери до камери змішування здійснюється через конічну частину.

Висновки

1. Конструкція приймальної камери, кількість підвідних каналів та їх розташування істотно впливають на експлуатаційні характеристики струминних апаратів.

2. Приймальна камера повинна забезпечити низький опір входу пасивного середовища та його рівномірне розподілення по всій поверхні струменя розпиленої рідини.

3. Для досягнення максимального $K_{ек}$ підвід газу необхідно виконувати через, щонайменше, як два підвідні патрубки та газорозподільник. Це приводить до підвищення коефіцієнта ежекції на 13...17% для класичного ежектора та на 16...27% для ежектора з комбінованою камерою змішування.

4. Порівняння ефективності роботи струминних апаратів з однаковим конструктивним виконанням приймальної камери (два підвідні патрубки та газорозподільник усередині), але різними камерами змішування показало, що $K_{ек}$ ежектора з конічно-циліндричною камерою змішування на 15...30% вищий, ніж для ежектора з циліндричною.

Наступний етап дослідження передбачає проведення гідродинаміки потоку в струминних апаратах за допомогою методу CFD (Computational Fluid Dynamics) та встановлення оптимальних режимів їх роботи.

Література

1. Цегельский В. Г. Струйные аппараты. Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. 567 с.
2. Александров В. Ю., Климовский К.К. Оптимальные эжекторы. Москва: Машиностроение, 2012. 136 с.
3. Design optimization of supersonic jet pumps using high fidelity flow analysis / J. Eves et al. *Structural and Multidisciplinary Optimization*. 2011. № 45(5). P. 739—745.
4. Computational fluid dynamic analysis and design optimization of jet pumps / J. Fan et al. *Computers & Fluids*. 2011. № 46. P. 212—217.
5. Milazzo A., Rocchetti A., Eames, I. Theoretical and experimental activity on ejector refrigeration. *Energy Procedia*. 2014. № 45. P. 1245—1254.
6. Экспериментальное исследование расходно-напорной характеристики эжектора с тангенциальным подводом пассивной среды для системы аварийного охлаждения активной зоны АЭС с ВВЭР / В.Н. Блинков и др. *Фундаментальные исследования*. 2013. № 10(5). С. 949—952.
7. Абдураимова Д. А., Ярашев Б. Г. Особенности движения потока в водоподъемных установках. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 5(2). С. 201—204.
8. Газоструйный эжектор: пат. 189929 Россия: МПК F04F 5/16. № 2019105520; заявл. 27.02.19; опубл. 11.06.19, Бюл. №17. 7 с.
9. Гідравлічний стенд для дослідження ежектора з диспергованим струменем рідини / Ю. Губаненко та ін. *Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*: матеріали 84 Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23—24 квітня 2018 р. Київ: НУХТ, 2018. Ч. 2. С. 81.
10. Рідинно-газовий ежектор: пат. 122296 Україна: МПК F04F 5/04. № 201900687; заявл. 23.01.19; опубл. 12.10.20, Бюл. № 19. 5 с.

DYNAMICS OF TRANSITION PROCESSES IN FOOD PACKAGING LINES

A. Sokolenko, S. But, J. Stupak

National University of Food Technologies

Key words:

Dynamics
Transient process
Packing line
Compensator
Flexible film
Roll

Article history:

Received 13.11.2020
Received in revised form
27.11.2020
Accepted 11.12.2020

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The analysis and mathematical formalization of the course of transients in the lines of transportation of flexible materials for packaging food products in order to improve technological equipment was provided in the article. The installation of such systems requires a certain productivity, achieving the specified values and accuracy of movement and execution of various operations during certain time.

The combination of material, energy and product flows in systems was evaluated by the presence of information control at the level of mechatronic systems. The assessment of the role and possibilities of using compensating devices was made, the task of which was to stabilize the tensions of flexible packaging materials in the modes of transients.

It was shown that the absence of a compensator complicated the synchronization of the system, and variable values of masses and sizes of rolls of packaging materials destabilized the system. Limiting the mutual influences on the productivity of individual machines and lines as a whole due to intermediate compensators is a logical direction of system synthesis, but some caveats relate to the growth of material, economic and energy costs in the modes of their creation and operation.

Unwinding of film rolls was accompanied by changes in their moments of inertia in cycles from the beginning to the end of their use by two orders of magnitude. The ratio of the run-out time of rolls of variable mass was determined by the ratio of the squares of the initial and final radii.

Significant destabilizing effect on the dynamics of the system has a variable nature of the moment of inertia of the roll with the film. In this regard, it is advisable to create a compensator-regulator of the moment of inertia of the roll and the roll holder.

The model of the two-mass system in the modes of shock loads, which were realized in the conditions of leading masses with a constant speed, showed that the influence of the leading mass on the load of the springy connection was absent. But the load of the springy element was the most important.

ДИНАМІКА ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ У ЛІНІЯХ ПАКУВАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

А. І. Соколенко, С. А. Бут, Ю. О. Ступак

Національний університет харчових технологій

У статті проведено аналіз і математичну формалізацію перебігу перехідних процесів у лініях транспортування гнучких матеріалів для пакування продукції харчових виробництв з метою удосконалення технологічного обладнання. Влаштування таких систем вимагає визначеної продуктивності, досягнення заданих величин і точності переміщення та виконання різних операцій у межах визначеного часу.

Поєднання в системах матеріальних, енергетичних потоків і потоків продукції оцінюється наявністю засобів інформаційного контролю на рівні створення мехатронних систем. Виконана оцінка ролі і можливостей використання компенсаційних пристроїв, завданням яких передбачається стабілізація натягів гнучких пакувальних матеріалів у режимах перехідних процесів.

Показано, що відсутність компенсатора ускладнює синхронізацію роботи системи, а змінні значення мас і розмірів рулонів пакувальних матеріалів дестабілізують роботу системи.

Обмеження взаємних впливів на продуктивність окремих машин і ліній у цілому за рахунок проміжних компенсаторів є логічним напрямком синтезу систем, однак певні застереження стосуються зростання матеріальних, економічних і енергетичних витрат у режимах їх створення й експлуатації. Розмотування плівкових рулонів супроводжується змінами моментів інерції в циклах від початку до завершення їх використання на два порядки. Співвідношення часу вибігу рулонів змінної маси визначається відношенням квадратів початкового і кінцевого радіусів.

Значний дестабілізуючий вплив на динаміку системи має змінний характер моменту інерції рулону з плівкою. У зв'язку з цим доцільним є створення компенсатора-регулятора моменту інерції рулону і рулоноутримувача.

Модель двомасової системи в режимах ударних навантажень, які реалізуються в умовах ведучих мас зі сталою швидкістю, показує, що вплив ведучої маси на навантаження пружного зв'язку відсутній. Але навантаження пружного елемента при цьому має найбільше значення.

Ключові слова: динаміка, перехідний процес, лінія пакування, компенсатор, гнучка плівка, рулон.

Постановка проблеми. Розвиток технологій виробництва і використання гнучких пакувальних матеріалів здійснюється паралельно зі створенням теорії, яка стосується їх синтезу, структури, кінематики і динаміки використання рулонних матеріалів та удосконалення складових технічного забезпечення [1—3].

Необхідність удосконалення теорії й практики технологій подавання рулонних плівкових матеріалів складає актуальність цього дослідження. Кінематика і

динаміка перебігу перехідних процесів є важливими складовими, що визначають продуктивність, навантаження й енергетичні показники.

У значній кількості випадків навантаження пружних систем супроводжується статичними і динамічними складовими. Це означає наявність деформацій у коливальних процесах, а отже, і внутрішнього тертя. Такі явища повинні обмежуватися тільки пружними деформаціями і відсутністю залишкових деформацій. Разом з тим у циклічно діючому обладнанні перехідні процеси пуску і вибігу обов'язкові, що змушує розробників машин і окремих механізмів реагувати на особливості таких систем у формі використання різних накопичувальних пристроїв і компенсаторів. У зв'язку з цим звернемося до прикладів, які стосуються вирішення мінімальної тріади задач. Першою з них, очевидно, має бути виконання технологічних завдань в умовах циклічних або неперервних переміщень робочих органів. По-друге, системи, відповідальні за переміщення робочих органів, пакувальних матеріалів, напівфабрикатів або сформованих упаковок повинні забезпечувати необхідні силові дії і впливи, динамічні складові яких мінімізовані. Потрете, виконання різних технологічних операцій робочих органів повинні бути синхронізованими і жорстко обмеженими в часових рамках виконання. Реалізація вказаних умов ускладнюється тим, що має місце необхідність синхронної реалізації трьох потоків. До останніх відносяться матеріальні потоки пакувальних матеріалів і виробів з них, потоки продуктів та енергетичні потоки. Очевидно, що співіснування таких взаємодіючих потоків потребує створення інформаційно-логістичної системи [5; 6]. Практичний результат названого поєднання в сучасному розумінні приводить до утворення мехатронних систем [3; 4; 7]. При цьому в останніх повноправними і логічними залишаються як жорсткі кінематичні зв'язки в складі машин-автоматів, так і переходи до гнучких зв'язків в окремих кінематичних схемах приводів окремих робочих органів, групах машин і системах в цілому, так і поєднання на основі електронних комп'ютерних систем.

Мета дослідження: синтез математичних формалізацій і пропозиції щодо удосконалення систем подавання рулонних пакувальних матеріалів у лініях пакування харчової продукції.

Матеріали і методи. Теоретичне дослідження на основі загального стану положень і особливостей машинного оформлення систем переміщення плівкових пакувальних матеріалів у лініях пакування харчової продукції.

Результати і обговорення. Розуміння логічного протиріччя при вирішенні задачі заданої продуктивності або пропускну здатності навіть однієї технічної операції, пов'язаної з проявами другого закону Ньютона у формі сил інерції і моментів сил інерції привело до повноцінного використання розробок, які стосуються теоретичної механіки, теорії механізмів і машин, теорії тертя, динаміки машин тощо. Хоча положення теоретичної механіки у більшості випадків стосуються поняття матеріальної точки в різних математичних формалізація, однак їх поширення на матеріальні тіла і середовища часто є правомірними і такими, що базуються на загальноновизнаних гіпотезах і припущеннях в динаміці машин. Так, вважається, що маси тіл зібрано в центрах їх мас, результуючі сил тяжіння і сил інерції прикладено в центрах мас, а результуючі сил тертя прикладаються в геометричних центрах поверхонь контактування, як і нормальні складові реакцій

опор. Важливим припущенням, яке спрощує створення математичних моделей, є те, що маси пружних зв'язків в двомасових або кількмасових системах обмежені і ними можливо нехтувати [5; 6; 8; 9]. У дослідженнях окремих пристроїв і машин загальноживаними є поняття приведених мас і сил, жорсткостей, коефіцієнтів тертя, принципів Д'Аламбера, Лагранжа, суперпозиції, адитивності тощо. Окрім загальновизнаних положень і припущень в окремих випадках слушними можуть бути специфічні узагальнення окремих понять. При цьому мірилом їх законності завжди має бути невихід за межі закону збереження енергії, як і закону збереження матеріальних потоків [10].

Необхідність подолання протиріччя між кінематичними і силовими параметрами при взаємодії окремих тіл, робочих органів або матеріальних потоків привело до поглибленого вивчення їх особливостей з бажанням максимального обмеження силових факторів за визначених значень кінематичних параметрів. Швидкоплинне переміщення вимагає відповідно більших прискорень. Саме тому вимагають уваги рівноприскорені і рівносповільнені рухи, оскільки саме вони за інших рівних умов забезпечують найменші значення прискорень [10]. Перехід до кількмасових систем приводить до понять мас ведучих, проміжних і ведених, до можливості оцінок впливів законів руху ведучих мас, силових характеристик двигунів приводів, наявності або відсутності зазорів у системах. Вивчення особливостей динаміки двомасових систем у режимах ударних навантажень, які реалізуються в умовах руху ведучих мас зі сталою швидкістю, привело до відомого висновку про те, що при цьому вплив значення ведучої маси на навантаження пружного зв'язку відсутній [9; 11]. Але стабілізована швидкість руху ведучої маси має найбільший вплив на амплітуду динамічної складової $P_{\text{пр.дин.}}$:

$$P_{\text{пр.дин.}} = V\sqrt{m_2 c}, \quad (1)$$

тоді як приведена ведена маса m_2 і жорсткість c пружного зв'язку мають дещо обмежене значення.

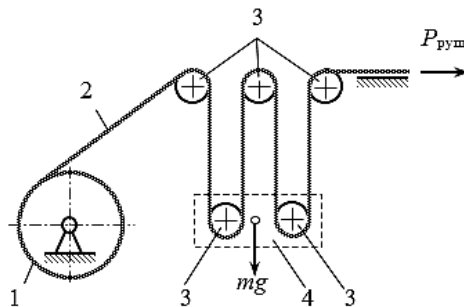


Рис. 1. Схема системи з компенсатором натягу: 1 — рулон; 2 — плівкове полотно; 3 — ролики компенсатора; 4 — проміжна маса натяжного пристрою компенсатора

Наявність лише цієї обмеженої інформації має привести до висновку про необхідність виключення або хоча б обмеження параметрів ударної взаємодії в системах протягування плівкових полотен в обладнанні ліній пакування. Передусім слід оцінити можливість обмеження швидкості V руху ведучої маси, якщо це до-

звояється циклограмою системи. Значенням маси m_2 рулону з плівковим матеріалом в обмежених межах припустимо варіювати, однак останнє також певним чином обмежене. Нарешті, жорсткість гнучкого зв'язку між ведучою і веденою масами може обмежуватися за рахунок збільшення його довжини. Комплексним рішенням цієї задачі вважається використання компенсаторів, які дають змогу зменшити жорсткість плівкового полотна й, одночасно, вплинути на режим перехідного процесу розгону рулону в обертальному русі. Наявність компенсатора (рис. 1) дає змогу:

- стабілізувати натяг плівкового полотна;
- забезпечити відсутність зазорів на ділянці між пристроєм для протягування плівки і компенсатором;
- передати роль веденої маси рулону на масу натяжного пристрою-компенсатора;
- забезпечити м'які режими обертання рулону й обмежені навантаження на ділянці між компенсатором і веденою масою рулону;
- забезпечити можливість спрацювання розмотчика рулонів.

Наявність компенсатора в системі практично приводить до її поділу на дві частини, в результаті чого зникає безпосередня взаємодія між ведучою і веденою масами і досягається можливість точного регулювання величиною натягу плівкового полотна в цій частині.

За відсутності компенсатора регулювання натягу ускладнене режимами вибігу веденої маси, зокрема й у зв'язку зі змінними значеннями моментів інерції рулонів на початку і на етапі його повного використання.

Такі зміни вкладаються в розміри одного порядку, оскільки момент інерції рулону плівки складає значення:

$$I_z = 0,5mR^2, \quad (2)$$

де R — зовнішній радіус рулону, якщо не враховувати його кільцеподібну форму.

Важливо, що окрім радіуса зміні підлягає і маса плівки, то змінним же має бути режим вибігу, оскільки він характеризується залежністю:

$$I_z \ddot{\phi} = -M_m, \quad (3)$$

звідки кутове прискорення:

$$\ddot{\phi} = -\frac{M_m}{I_z}. \quad (4)$$

Очевидно, що спроби втрутитись у процес вибігу з метою його стабілізації на рівні кутового прискорення за рахунок використання компенсаторів є основним напрямком, однак і вивчення інших стабілізуючих факторів буде сприяти загальному поліпшенню ситуації. За конкретних співвідношень моментів тертя і моментів інерції рух рулону буде рівносповільненим. Проте слід урахувати, що більшому значенню моменту інерції відповідають більша маса рулону і більше значення моменту сил тертя. При цьому момент інерції I_z пропорційний масі m і реакція підшипників рулоноутримувача також пропорційна масі m . У зв'язку з цим запишемо:

$$M_m = fNr, \quad (5)$$

де f — коефіцієнт тертя в парі «цапфа рулоноутримувача-підшипник»; N — нормальна реакція в кінематичній парі; r — радіус цапфи.

Оскільки $N = mg$, то

$$\ddot{\phi} = \frac{fmgr}{0,5mR^2} = \frac{fgr}{0,5R}. \quad (6)$$

Це означає, що за змінних значень радіуса R отримуємо, що $\ddot{\phi} = \ddot{\phi}(R)$ і $\ddot{\phi} \neq \text{const}$.

Окрім цієї нестабільності, існує ще одна неузгодженість у проявах впливів рухів ведучих і ведених мас.

Подовженість періодів розгону, вистоїв і вибігів в русі ведучих мас визначається циклограмами пристроїв і загальний період складає:

$$T = t_{\text{розг}} + t_{\text{вист}} + t_{\text{виб}}, \quad (7)$$

тоді як витрати часу в режимі вибігу мають величину, яка визначається за таким алгоритмом:

$$\dot{\phi} = -\frac{M_m}{I_z} t + C_1, \quad (8)$$

де C_1 – константа інтегрування виразу (6).

За початкових умов

$$t_{(n)} = 0; \quad \phi_{(n)} = 0; \quad \dot{\phi}_{(n)} = \omega, \quad (9)$$

визначаємо $C_1 = \omega$, і тому

$$\dot{\phi} = \omega - \frac{M_m}{I_z} t. \quad (10)$$

Завершується вибіг за значення $\dot{\phi}_{(к)} = 0$ і відповідна підстановка дає змогу визначити:

$$t_{(к)} = \omega \frac{I_z}{M_m} = \omega \frac{mR^2}{2M_m} = \omega \frac{R^2}{2fgr}. \quad (11)$$

Якщо виконується умова

$$t_{(к)} = t_{\text{виб}} + t_{\text{вист}}, \quad (12)$$

то її досягнення може вважатися бажаним, хоча і малоймовірним. Останнє пов'язане, на додаток до відміченого, ще й з нестабільним значенням кутової швидкості рулону на початок вибігу. Дійсно, певне наближення до сталого значення має швидкість $V_{\text{пр}}$ протягування плівки в системі. Оскільки при цьому

$$\omega = \frac{V_{\text{пр}}}{R}, \quad (13)$$

то

$$t_{(к)} = \frac{V_{\text{пр}} R}{2fgr}. \quad (14)$$

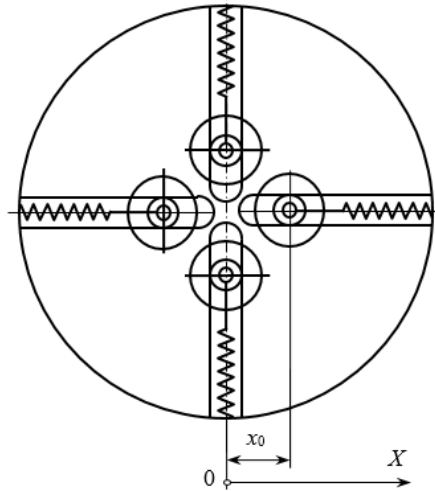


Рис. 2. Схема до розрахунку параметрів компенсатора моментів інерції

Наведені співвідношення (8)—(14) приводять до висновку про те, що значний дестабілізуючий вплив на динаміку системи чинить змінний характер моменту інерції рулону плівки. Можливим варіантом розв’язання цього недоліку могло бути створення рулоноутримувача, виконаного з можливістю компенсації змінного значення моменту інерції в тій частині, що відповідає плівці. Принципово цій ідеї міг би відповідати відцентровий регулятор, в основу якого доцільно покласти змінну і зростаючу кутову швидкість рулону в міру зменшення радіуса R відповідно до формули (13) (рис. 2).

Згідно з принципом суперпозиції загальне значення моменту інерції визначається сумою величин, що стосуються самого рулону та рулоноутримувача. При цьому останній виконано у формі додаткового диска з прорізами, в яких монтуються відцентрові маси з можливістю радіальних переміщень під дією сил інерції. Значення координати кожної маси визначається початковою величиною x_0 , яка відповідає найменшій кутовій швидкості рулону ω_{\min} :

$$\omega_{\min} = \frac{V_{\text{пр}}}{R_{\max}}. \quad (15)$$

Тоді

$$\omega_{\max} = \frac{V_{\text{пр}}}{R_{\min}}, \quad (16)$$

де R_{\max} і R_{\min} — відповідно, максимальний і мінімальний радіуси рулону.

Змінні значення мас рулону відображаються величинами m_{\max} і m_{\min} . Вказані діапазони зміни параметрів надалі вважаємо такими, які задовольняють умови технологічних процесів. Тоді зміни значень моментів інерції становлять:

$$\Delta I_z = 0,5m_{\max}R_{\max}^2 - 0,5m_{\min}R_{\min}^2. \quad (17)$$

Цій різниці повинно відповідати зростання моменту інерції компенсатора. Найменше його значення відповідало початку процесу, позначимо його як $I_{\text{ком(п)}}$, а кінцеве — $I_{\text{ком(к)}}$. Тоді має виконуватися умова:

$$I_{\text{ком(к)}} - I_{\text{ком(п)}} = \Delta I_z \quad (18)$$

і

$$I_{\text{ком(к)}} - I_{\text{ком(п)}} = \Delta I_{\text{ком}} = m_k \left(r_{\text{ком(к)}}^2 - r_{\text{ком(п)}}^2 \right),$$

де m_k — компенсаційні маси (сукупне значення; $r_{\text{ком(п)}}$ і $r_{\text{ком(к)}}$ — відповідно початкові і кінцеві радіуси розташування компенсаційних мас.

Переміщення мас здійснюються за рахунок сил інерції, які в початковому і кінцевому положеннях розраховуються за формулами:

$$F_{(п)} = m'_k \omega_{\min}^2 r_{\text{ком(п)}}; F_{(к)} = m'_k \omega_{\max}^2 r_{\text{ком(к)}}, \quad (19)$$

де $m'_k = m/n$ — індивідуальна компенсаційна маса; n – кількість компенсаційних мас.

Кожна з компенсаційних мас утримується на початковому, проміжних і кінцевому радіусах за рахунок пружних елементів з розрахунковою жорсткістю c . Їхні пружні зусилля повинні зрівноважувати сили інерції $F_{(п)}$, проміжні і кінцеві:

$$P_{\text{пр(п)}} = m'_k \omega_{\min}^2 r_{\text{ком(п)}}; P_{\text{пр(к)}} = m'_k \omega_{\max}^2 r_{\text{ком(к)}}; P_{\text{пр(п)}} = cx_{(п)}, \quad (20)$$

де $x_{(п)}$ — початкова деформація пружного елемента, за відомої жорсткості c .

Тоді

$$x_{(п)} = \frac{m'_k \omega_{\min}^2 r_{\text{ком(п)}}}{c} \quad (21)$$

і аналогічно кінцева деформація

$$x_{(к)} = \frac{m'_k \omega_{\max}^2 r_{\text{ком(к)}}}{c}. \quad (22)$$

Наведена аналітична інформація вказує на можливість створення компенсаційного автоматичного пристрою для стабілізації інерційних характеристик веденої маси і поліпшення таким чином динамічних параметрів перехідних процесів.

Наявність компенсатора-регулятора моменту інерції рулону плівкового матеріалу могла б бути особливо корисною в машинах і системах безперервної дії, оскільки саме змінні значення показників приведених моментів інерції поруч зі змінними значеннями рушійних факторів і факторів опору виступають у ролі дестабілізуючих факторів рівномірності ходу. В окремих випадках нерівномірність ходу машин не має принципового значення і тоді коливання кутових швидкостей можуть бути достатньо значними, однак у системах ліній пакування нерівномірність ходу обмежується. Це пов'язано з необхідністю обмежень тисків у кінематичних парах, підвищення коефіцієнтів корисної дії, підвищення експлуатаційної надійності машин, зменшення похибок у позиціонуванні робочих органів та додаткових інерційних навантажень і коливань пружних ланок [10; 12].

Висновки

1. Сучасна теоретична база синтезу технологічних машин на основі використання плівкових рулонних пакувальних матеріалів поєднує можливості врахування технологічних, економічних вимог і показників високої продуктивності. Досягнення поєднання вказаних вимог в значній мірі пов'язано з використанням гнучких зв'язків безпосередньо як між робочими органами технологічних машин, так і в лініях пакування.

2. Обмеження взаємних впливів на продуктивність окремих машин і ліній в цілому за рахунок проміжних компенсаторів є логічним напрямком синтезу систем, однак певні застереження стосуються зростання матеріальних, економічних і енергетичних витрат в режимах їх створення й експлуатації.

3. Розмотування плівкових рулонів супроводжується змінами їх моментів інерції в циклах від початку до завершення їх використання на два порядки. Співвідношення часу вибігу рулонів змінної маси визначається відношенням квадратів початкового і кінцевого радіусів.

4. Значний дестабілізуючий вплив на динаміку системи має змінний характер моменту інерції рулону з плівкою. У зв'язку з цим доцільним є створення компенсатора-регулятора моменту інерції рулону і рулоноутримувача.

Література

1. Гавва О. М. Пакувальне обладнання. Шляхи вдосконалення та розвитку. *Упаковка*. 2006 № 1. С. 36—38.
2. Гавва О. М., Масло М. А., Яровий В. Л. Пристрої подачі рулонного пакувального матеріалу. *Упаковка*. 2003. № 5. С. 46—54.
3. Галкин А. А. и др. Упаковывание пищевых продуктов в гибкие материалы. *Упаковка*. 2014. № 1. С. 39—42.
4. Гавва О. М. та ін. Пристрої формування упаковки із термоварних рулонних матеріалів. *Упаковка*. 2005. № 1. С. 30—32.
5. Соколенко А. І. та ін.. Моделювання процесів пакування. Вінниця: Нова книга, 2004. 272 с.
6. Соколенко А. І. та ін. Транспортні системи та інтенсифікація технологічних процесів пивзаводів. Київ: Кондор, 2016. 292 с.
7. Якимчук М. В. Науково-технічні засади створення обладнання для групового пакування харчових продуктів на основі мехатронних модулів: автореф. дис. ... докт. техн. наук: спец. 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв». Київ, НУХТ. 2016. 37 с.
8. Криворотько В. М. та ін. Динаміка і рекуперація вторинних енергетичних ресурсів у механічних системах. *Наукові праці НУХТ*. 2014. Т. 20, № 1. С. 171—180.
9. Соколенко А., Васильковский К., Костюк В. Ограничение динамических нагрузок в приводах технологических машин линий упаковываний. *Научни трудове на университет по хранителни технологии*. Пловдив. Т. LXII. 2015. С. 777—781.
10. Фролов К. В. Методы совершенствования машин и современные проблемы машиноведения. Москва: Машиностроение, 1984. 224 с.
11. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин. Москва: Машиностроение, 1993. 591 с.
12. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: учебник для ВУЗов. 4-е издание перераб. и доп. Москва: Наука, 1988. 640 с.

DETERMINATION OF SPECIFIC POWER DURING COMPONENTS MIXING

I. Stadnyk, Y. Pankiv

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

V. Piddubnyi

Kyiv National University of Trade and Economics

Key words:

Medium

Parameters

Mechanical watering

Specific power

Article history:

Received 09.11.2020

Received in revised form

24.11.2020

Accepted 09.12.2020

Corresponding author:

I. Stadnyk

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The concept of providing circulating mixing, which was carried out by repeated mechanical action on the liquid in a closed circuit of the working chamber, was considered. The technological process of interaction of components in the conditions of operation of the developed design of the mixer with new working bodies at a stage of power influence at the set its constructive parameters was described.

The important role of the design features of the mixer in compliance with the main condition for obtaining disperse systems with specified properties when implementing the parameters of mechanical treatment was emphasized. The feature of ensuring the limiting destruction of the structure at the initial stages in the entire volume of components with the maximum homogeneity of the phase distribution at the very beginning of structure formation was considered.

An analysis of the energy balance of mixing under the influence of mechanical and other factors on the intensity of the process was proposed. The diagram of the energy balance of the medium (yeast dough) at the discrete-pulse mixing section and the diagram of the energy balance of the liquid subsystem were presented. On their basis, a physical model was developed and a mathematical model was created, where the liquid was considered to be viscous and not compressible.

The equations of the working process in a working chamber with a homogeneous state of the working medium were considered. On this basis, a thermodynamic description of the working process was proposed in the form of an open-type thermomechanical system, which is in energy interaction with the environment in quasi-stationary equilibrium. The thermodynamic model was considered in the general system of the working chamber and was described by two subsystems. The subsystems were considered with a two-phase state of the working medium and with energy exchange through an open boundary separating these subsystems.

The directions of improvement of mechanical influences by working bodies on the medium, ways of perfection of design features of the power influences directed on maintenance of a parity of the basic geometrical sizes of the mixer were offered.

ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ ПОТУЖНОСТІ ПРИ ЗМІШУВАННІ КОМПОНЕНТІВ

І. Я. Стадник, Ю. Ю. Паньків

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

В. А. Піддубний

Київський національний торговельно-економічний університет

У статті розглянуто концепцію забезпечення циркуляційного перемішування, що здійснюється багатократним механічним впливом на рідину по замкненому контуру робочої камери. Описано технологічний процес взаємодії компонентів в умовах експлуатації розробленої конструкції змішувача з новими робочими органами на стадії енергетичного впливу при заданих його конструктивних параметрах.

Підкреслено важливу роль конструктивних особливостей змішувача в дотриманні основної умови одержання дисперсних систем із заданими властивостями при реалізації параметрів механічного впливу. Розглянуто особливість забезпечення граничного руйнування структури на початкових стадіях в усьому обсязі компонентів з максимальною однорідністю розподілу фаз на самому початку структуроутворення.

Запропоновано аналіз енергобалансу змішування при впливі механічних та інших чинників на інтенсивність процесу. Подано схему енергобалансу середовища (дріжджове тісто) на ділянці дискретно-імпульсного змішування та схему енергобалансу рідинної підсистеми. На їх основі розроблено фізичну модель і створено математичну модель, де рідина вважається в'язкою і нестисливою.

Розглянуто рівняння робочого процесу в робочій камері з гомогенним станом робочого середовища. На цій основі запропоновано термодинамічний опис робочого процесу у вигляді термомеханічної системи відкритого типу, що знаходиться в енергетичній взаємодії з навколишнім середовищем у квазістаціонарній рівновазі. Розглянута термодинамічна модель у загальній системі робочої камери описана двома підсистемами. Підсистеми розглядалися з двофазним станом робочого середовища та з енергообміном через відкриту межу, що розділяє ці підсистеми.

Запропоновано напрямки удосконалення механічних впливів робочими органами на середовище, шляхи удосконалення конструктивних особливостей енергетичних впливів, спрямованих на забезпечення співвідношення основних геометричних розмірів змішувача.

Ключові слова: *середовище, параметри, механічні впливи, питома потужність.*

Постановка проблеми. Енергоємність ВВП України за показником умовного палива у 2,6 раза перевищує аналогічний показник індустріально розвинутих країн світу, що знайшло відображення у Загальнодержавній програмі розвитку промисловості. До пріоритетних напрямів віднесено запровадження ресурсо- та

енергозберігаючих технологій, освоєння виробництва нового покоління технологічного обладнання. Це означає доцільність продовження пошуків та інновацій для реалізації вказаної Державної програми.

Одним із шляхів зменшення собівартості продукції є оптимізація апаратурної реалізації виробництв з енергетичної точки зору, тобто зменшення споживання теплової та (або) електричної енергії на одиницю кінцевого продукту. Для досягнення такого ефекту необхідно на кожному етапі технологічного процесу виробництва визначати енергетичний потенціал матеріальних потоків, потребу в енергії для реалізації заданих перетворень матеріального потоку та можливі шляхи мінімізації втрат теплової енергії й енергії хімічних зв'язків.

Аналітичний огляд наукових праць, пов'язаних з виробництвом якісної продукції українських і зарубіжних вчених, свідчить про шляхи ефективного використання робочих характеристик технологічного обладнання та основні закономірності удосконалення процесів при підготовчих та основних технологічних операціях виготовлення продукції. Тож до теоретичних напрацювань і проектних рішень вчених щодо виробництва якісної продукції необхідно віднести і чинники робочих характеристик обладнання.

Відомо [1—3], що змішувальні машини застосовуються у різних галузях промисловості України. Серед багатьох напрямків хочеться виділити харчову та переробну галузі. Машини для формування в'язкого середовища, повинні впливати на нього таким чином, щоб втрати сировини і готової продукції були мінімальними, а якість виробів висока. Такий підхід спонукає до необхідності забезпечення повної відповідності режимів обробки, конструктивних форм і параметрів робочих змішувальних органів структурно-механічним властивостям в'язкого середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідники [4—6] відзначають значний вплив частоти обертання місильних органів на інтенсивність замішування та якість готової продукції. Стверджується [7—9], що при утворенні структури тіста з реологією впливу на поверхню робочого органу існує критичне значення швидкості його обертання та витраченої енергії. Критичним рівнем витраченої енергії вважається таке значення, при якому тісто замішують до отримання максимальної консистенції. Поставлена проблема визначила сучасні тенденції конструювання змішувальних робочих органів у машин різного класу, де вони виконують робочі процеси: перемішування, нагнітання, замішування, транспортування. Винахідники постійно спрямовують свої розрахунки, конструкції на оптимізацію профілю і конструктивних елементів, застосування збірних конструкцій, використання матеріалів і покриттів. Як варіант виконання такого змішувального вузла можна навести його схему, запроповану на рівні патенту України на корисну модель UA№ 137278 [10], зображену на рис. 1.

З метою отримання однорідного середовища запропоновано циркуляційне перемішування, що здійснюється багатократним механічним впливом на рідину по замкненому контуру робочої камери. До схеми перемішування належать: робоча камера — гравітаційний змішувач, робочий орган, вібродозатор борошна, трубопроводи з форсунками, запірно-регулююча апаратура. Завдяки тому, що в корпусі робочої камери встановлено робочі органи (рис. 1б), забезпечується рівномірне пошарове перемішування емульсії в зоні її розміщення. При попаданні на стінку камери з нижньої частини гравітаційного розділювача перемішаний шар

емульсії опускається нижче, забезпечуючи додаткове змішування в умовах меншого рівня турбулізації суспензії і за рахунок цього досягається підвищення якості середовища.

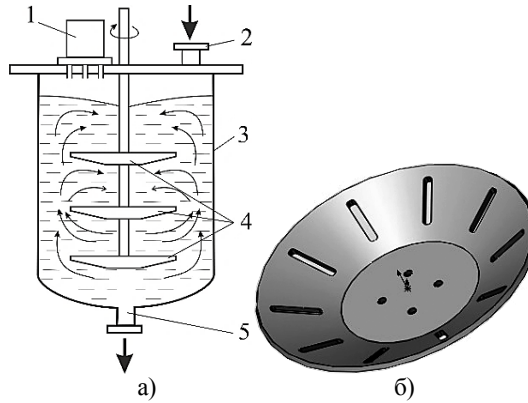


Рис. 1. Схема змішувача напівфабрикатів: а) 1 — циліндрична камера; 2 — робочі органи; 3 — подача рідких компонентів; 4 — дозатор борошна; б) — робочий орган

Запропонована фізична модель, яка схематично показана на рис. 1а, вперше розглядає процеси, що відбуваються при виникненні гідродинамічних потоків рідини при дії тарільчастого змішувача та зваженого стану (псевдошару) з іншого боку. У запропонованій фізичній моделі і створеній на її основі математичній моделі рідина вважається в'язкою і нестисливою.

Вартим уваги може бути той факт, що в більшості випадків у дослідженнях не враховувались втрати енергії фізико-хімічних зв'язків при визначенні оптимальних методів процесу. Аналіз існуючих методів розрахунку змішувальних машин з визначення коефіцієнта подачі, конструктивних параметрів, споживаної потужності та впливу реології на течію маси середовища між робочими органами та робочою камерою, свідчить про розрізненість підходів різних авторів. Вони пов'язані з введенням великої кількості експериментальних коефіцієнтів для співвідношення робочих середовищ. Спостерігається практична відсутність у визначенні режимів роботи машини. Вплив тепломасообмінних процесів на роботу машини з різними конструктивними параметрами робочих органів і робочої камери враховувався не всіма дослідниками та різною мірою.

У більшості досліджень доцільність вибору певних технологічних і конструктивних параметрів оцінюється з точки зору збільшення виходу напівфабрикату й кінцевого продукту. Розроблені методики визначення питомих витрат на процес утворення в'язкого середовища при змішуванні компонентів дають змогу встановити необхідну потужність залежно від конструктивних параметрів машини. Комплексне порівняння різних технологічних схем з енергетичної точки зору проведено не було. Це зумовило напрям наших досліджень у цьому руслі, тож до завдань віднесено:

- поглиблений аналіз теплофізичних процесів при змішуванні;
- оцінка енергетичних ресурсів і розробка пропозицій щодо їх зменшення;

- удосконалення апаратурного виконання технології змішування, пов'язаної з суміщенням в часі процесу дозування, розпилення, контактної взаємодії компонентів у зваженому стані, стискання та змішування;

- визначення факторів, які впливають на температурні потоки на основі термодинамічної моделі робочого процесу змішувальної машини;

- теоретичне дослідження температурних потоків;

- експериментальні дослідження температурних потоків.

Проведені теоретичні дослідження показали, що далеко не завжди доцільно використовувати реологічні залежності при робочих процесах змішування середовища. З іншого боку, всі літературні джерела свідчать про відсутність альтернативних досліджень, навіть теоретичних, про деформаційні процеси, пов'язані із зміною температури оброблюваного середовища. Це пояснюється складністю процесів, що відбуваються в робочій камері при утворенні середовища робочими органами машини.

Метою дослідження є термодинамічна модель енергообміну в зазорі між робочими органами нової конструкції.

Викладення основних результатів досліджень. Завантаження компонентів у робочу камеру машини дискретної дії здійснюється у вигляді дискретно-імпульсних впливів. При цьому завантаження, зазвичай, здійснюють з одного торця камери, а відбір — з іншого (рис. 2), що подається на подальший технологічний процес [8; 10]. Так, при дозуванні компонентів на перших хвилинах процесу відбувається їх хаотична взаємодія та перемішування. Утворене середовище послідовно проходить ділянки робочої камери. Ділянки чергуються із зонами контакту середовища з нагрітим до певної температури. Ефективність дискретно-імпульсного впливу, з одного боку, і навколишнім безперервним впливом великої поверхні робочого органу — з іншого впливає на температуру середовища. При цьому температура середовища поступово зростає до своєї межі. З метою інтенсифікації процесу винахідники прагнуть до зменшення кількісних впливів конструктивних параметрів робочого органу на середовище, однак при цьому знижується продуктивність. Так, інтенсивні дії при змішуванні компонентів існуючими спіральними робочими органами спричиняють зростання небезпеки термодеструкції компонентів середовища.

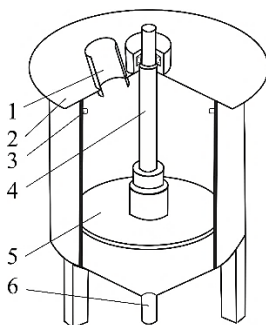


Рис. 2. 3Д модель змішувача: 1 — патрубок подачі борошна; 2 — кришка змішувача; 3 — сопло подачі рідких компонентів; 4 — вал; 5 — робочий орган; 6 — патрубок вивантаження сотової суміші

Одним із факторів, який характеризує процес перетворення середовища при дії нових робочих органів, є зміна загальної внутрішньої енергії хімічних зв'язків матеріального потоку. Ця енергія може бути виділена при руйнуванні хімічних зв'язків сполук під час механічних впливів оброблюваного середовища [2; 3; 11]. Прикладом таких процесів можуть слугувати дискретно-імпульсні впливи, змішування і пластифікація тіста тощо. При цих процесах енергія частково витрачається на утворення нових хімічних зв'язків і частково втрачається в навколишньому середовищі.

Розглянемо рівняння робочого процесу в робочій камері з гомогенним станом робочого середовища. При розрахунках утворені газові бульбашки вважаємо ідеальними і внаслідок незначної зміни їх температури в процесі дії робочих органів (стиснення, дроблення, розтягування) беремо сталість величин питомих теплоємностей.

Запропонований термодинамічний опис робочого процесу здійснений на основі термомеханічної системи відкритого типу, що знаходиться в енергетичній взаємодії з навколишнім середовищем у квазістаціонарній рівновазі. Термодинамічна модель у загальній системі робочої камери має дві підсистеми з двофазним станом робочого середовища та з енергообміном через відкриту межу, що розділяє ці підсистеми.

Розрахункову схему енергобалансу змішування можна подати за методом «чорного ящика» (рис. 3).

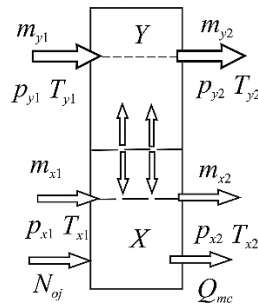


Рис. 3. Розрахункова схема енергобалансу середовища (дріжджове тісто) на ділянці дискретно-імпульсного змішування, де X — рідинна підсистема; Y — газова підсистема

Із деяким припущенням загальної системи стосовно області Y вважаємо, що підсистема X отримує від зовнішнього джерела енергію. Ця енергія характеризується величиною споживаної потужності робочого органу без урахування потужності механічних втрат в ущільненні вала та підшипниковому вузлі, N_{oi} . Одержавши цю механічну енергію, підсистема X здатна виконати в підсистемі Y технічну роботу. Внаслідок її дії відбувається зміна параметрів тиску p_Y і температури T_Y газової підсистеми та всієї системи в цілому. Така зміна параметрів необхідна для реалізації цільового призначення течії системи.

Процес зазначеного енергообміну між підсистемами супроводжується дисипацією частини підведеної енергії, яку, як правило, відносять до категорії гід-

равлічних втрат. У багатьох розрахункових визначеннях енергетичних характеристик використовується коефіцієнт гідравлічних втрат [11; 12]. У нашому випадку, через складність процесів руху загальної системи, неможливо користуватися кореляційними коефіцієнтами при визначенні енерговитрат у змішувальних машинах. Тому запропонована термодинамічна модель енергообміну в зазорі між робочими органами, яка не вимагає введення кореляцій на основі дослідних даних за розподіленням швидкостей рідини. Їхня точність порівняно нижча відносно вимірювань полів температур (рис. 4).

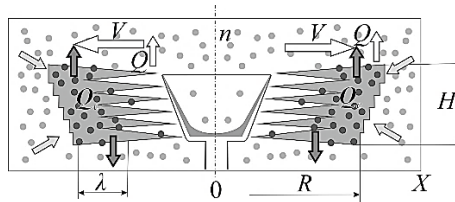


Рис. 4. Розрахункова схема процесу змішування суміші: 1 — розподілення утвореної суміші при виході з поверхні робочого органу; 2 — тарільчастий робочий орган

Рівняння теплового балансу елемента диспергованої газової фази можна записати у такому вигляді [4]:

$$q_{гр} = -\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial \rho} \right)_{гр} = r \rho_{газ} \frac{dR}{d\tau}, \quad (1)$$

де r — питома теплота випаровування, R — радіус елемента диспергованої газової фази; τ — час.

За умови інтегрування в межах радіуса елемента диспергованої газової фази від 0 до $R_{дгф}$ та часу τ від 0 до τ_0 (τ_0 — загальний час існування елемента диспергованої газової фази). В результаті отримуємо:

$$\int_0^{\tau_0} q_{гр} d\tau = \int_0^{\tau_0} r \rho_{газ} \frac{dR}{d\tau}; \quad (2)$$

$$q_{гр} \tau_0 = r \rho_{газ} R_{дгф}; \quad (3)$$

$$q_{гр} = \frac{r \rho_{газ} R_{дгф}}{\tau_0}. \quad (4)$$

Загальний тепловий потік від середовища до окремого елемента диспергованої газової фази визначається залежністю [4]:

$$Q_{гр} = N_{заг} q_{гр} = (N + N_{пyx}) \frac{r \rho_{газ} R_{дгф}}{\tau_0}. \quad (5)$$

З іншого боку, густина теплового потоку відповідає тепловому потенціалу, який за час τ_0 переноситься через межу поділу фаз (рідина/газова фаза) з молекулами речовин, які випаровуються.

Припускаємо відсутність енергомасообміну в робочій камері із зовнішнім середовищем (витоки через стінку), тоді рівняння балансу енергії в межах системи має вигляд:

$$N_{oi} \pm \dot{Q}_{\text{н.с.}} \pm \dot{Q}_m = \sum \Delta H, \quad (6)$$

де $\sum \Delta H$ — сума змін повної ентальпії робочого середовища (у перетині межі системи); N_{oi} — потужність, що підводиться до робочого органа; $\pm \dot{Q}_{\text{н.с.}}$ — тепловий потік між системою і навколишнім середовищем; $\pm \dot{Q}_m$ — тепловий потік у системі (в'язке тертя).

У переважній більшості випадків цей потік спрямований у навколишнє середовище, тому надалі він розглядатиметься як від'ємна величина у загальному рівнянні енергобалансу.

Що стосується величини $\sum \Delta H$, то її можна визначити на основі зазначеної схеми (рис. 1) таким рівнянням:

$$\sum \Delta H = \Delta H_Y + \Delta H_X \quad (7)$$

або

$$\sum \Delta H = (m_{Y2} \cdot h_{Y2} - m_{Y1} \cdot h_{Y1}) + (m_{X2} \cdot h_{X2} - m_{X1} \cdot h_{X1}), \quad (8)$$

де m_Y і m_X — масові витрати робочого середовища; h_Y, h_X — питомі ентальпії середовища; індексами «1» і «2» у вказаних величинах позначені вхідні й вихідні стани складових робочого середовища.

У ряді окремих випадків індексація параметрів для складових ΔH може відрізнятися від записаної в рівнянні (8).

З огляду на запропоновані зміни масових витрат як газу, так і рідини при протіканні їх між робочими органами, рівняння (6) з урахуванням (8) можна подати в питомих величинах. Для цього позначимо частинне співвідношення масових витрат щодо вхідної величини для середовища Y , оскільки це співвідношення постійно змінне:

$$g = \frac{m}{m_{Y1}}. \quad (9)$$

На основі цього отримаємо з рівняння (6) вираз для питомої роботи змішування:

$$l_{oi} = (g_{Y2} \cdot h_{Y2} - h_{Y1}) + c_f \cdot (g_{X2} \cdot T_{X2} - g_{X1} \cdot T_{X1}) + \tilde{q}_{\text{н.с.}} \quad (10)$$

або

$$l_{oi} = l_Y + l_X + \tilde{q}_{\text{н.с.}}. \quad (11)$$

Отже, величину питомої роботи змішування і, як наслідок, питомої потужності можна визначити, знаючи питомі роботи кожної підсистеми та втрати тепла в навколишнє середовище [12; 13]. З рівняння (11) бачимо, що питому роботу можна знайти, визначивши питомі масові витрати середовищ і термічні параметри кожної підсистеми.

Як правило, при порівнянні енергоефективності використовують поняття питомої потужності:

$$N_{num} = \frac{N_e}{\dot{V}_{Y1}}$$

або після перетворень

$$N_{num} = \frac{N_{oi} \cdot \rho_{Y1}}{\dot{m}_{Y1} \cdot \eta_{мех}} = l_{oi} \cdot \frac{P_{Y1}}{R_{Y1} \cdot T_{Y1} \cdot \eta_{мех}}, \quad (12)$$

де N_e — ефективна потужність на валу змішувача; \dot{V}_{Y1} — об'ємна продуктивність машини за умов затягування; $\eta_{мех}$ — механічний ККД машини; ρ_{Y1} — густина газового середовища Y на вході до робочого органу; R_{Y1} — газова стала за умов входу; $\tilde{q}_{н.с.} = \dot{Q}_{н.с.} / \dot{m}_{Y1}$ — питомий тепловий потік у навколишнє середовище.

У більшості випадків для змішування застосовують гомогенні рідкі середовища, що дає змогу записати рівняння у вигляді:

$$N_{num} = \frac{P_{Y1}}{R_{Y1} \cdot T_{Y1} \cdot \eta_{мех}} \times \left[(g_{Y2} \cdot h_{Y2} - h_{Y1}) + c_f \cdot (g_{X2} \cdot T_{X2} - g_{X1} \cdot T_{X1}) + \tilde{q}_{н.с.} \right]. \quad (13)$$

Для нашого випадку, коли вважаємо, що:

- газ однокомпонентний, ідеальний;
- рідина гомогенна, нестислива;
- відсутні розчинність газу, конденсація і випаровування рідини.

Зважаючи на вищесказане, рівняння (13) спрощується, оскільки $\dot{m}_{Y2} = \dot{m}_{Y1}$, звідки $g_{Y2} = 1$; $\dot{m}_{X2} = \dot{m}_{X1}$:

$$h_{Y2} - h_{Y1} = c_p \cdot (T_{Y2} - T_{Y1}) = c_p \cdot T_{Y1} \cdot \left(\pi^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right).$$

Враховуючи вищенаведені спрощення рівняння (13), його можна переписати таким чином:

$$N_{num} = \frac{P_{Y1}}{R_{Y1} \cdot \eta_{мех}} \cdot \left[c_p \cdot \left(\pi^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) + g_{X1} \cdot c_f \cdot \frac{\Delta T_X}{T_{Y1}} + \frac{q_{н.с.}}{T_{Y1}} \right], \quad (14)$$

де c_p — питома масова ізобарна теплоємність робочої газової складової середовища; $\pi = p_{Y2} / p_{Y1}$ — ступінь підвищення тиску газової складової середовища; n — показник політропи стиснення; c_f — питома масова теплоємність робочої рідини; $\Delta T_X = T_{X2} - T_{X1}$ — нагрівання робочої рідини в системі. Отже, з рівняння (14) можна визначити значення питомої потужності.

Тепловий потік від газу при стисненні напрямлений не лише всередину до рідини, але й до поверхонь, що утворюють її об'єм, тобто до прилеглих поверхонь робочої камери й робочого органу.

Припустимо, що ці поверхні є тепловими мостами тільки до рідини, і таким чином виключаємо тепловий потік від газу в навколишнє середовище [12; 13].

Розрахункове визначення компонентів l_X і l_Y , як і головного зв'язку $\Delta T_X = f(g_{X1}, n)$, вимагає розгляду енергетичних балансів відповідних підсистем, але оскільки вони взаємозв'язані між собою, то достатньо для визначення шуканого параметра l_X та інших величин, пов'язаних із ним, розглянути енергетичний баланс рідинної підсистеми.

Розглянемо енергетичний баланс рідинної підсистеми, схема якої подана на рис. 5.

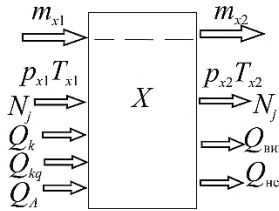


Рис. 5. Схема енергобалансу рідинної підсистеми

Рівняння збереження енергії для цієї підсистеми має вигляд:

$$Q_k + Q_{кд} + Q_A - Q_{вих} - Q_{нс} + N_{oi} - N_i = \Delta H_X, \quad (15)$$

де Q_k — конвективний тепловий потік, що відводиться від газового середовища, яке стискається; $Q_{кд}$, $Q_{вих}$ — теплові потоки, пов'язані з процесами конденсації і випаровування робочої рідини; Q_A — тепловий потік, зумовлений процесом абсорбції газу (або окремого компонента газу) в робочій рідині; N_i — потужність політропного процесу стиснення газу; N_{oi} — потужність на валку.

По суті, це рівняння показує, від чого залежить нагрівання утвореної рідинної суміші при дії робочих органів, оскільки ΔH_X пропорційне ΔT_X .

У взятих раніше питомих величинах рівняння (15) набуде такого вигляду:

$$\begin{aligned} c_f \cdot (g_{X2} \cdot T_{X2} - g_{X1} \cdot T_{X1}) = \\ = q_k + q_{кд} + q_A + q_{вих} + q_{нс} + l_{гидр}, \end{aligned} \quad (16)$$

де $l_{гидр} = (N_{oi} - N_i) / m_{Y1}$ — питома робота, що затрачується на подолання гідравлічних опорів у середовищі (дисипативна складова витрат енергії на рух робочого середовища). Ця величина визначена з експериментальних досліджень. Рівняння (16) розв'язується відносно параметра T_{X2} :

$$T_{X2} = \frac{g_{X1} \cdot T_{X1} + \frac{q_k + q_{кд} + q_A - q_{вих} - q_{нс} + l_{гидр}}{c_X \cdot g_{X2}}}{g_{X2}} \quad (17)$$

за наявності додаткових залежностей для кожного із шести членів правої частини цього рівняння: питомих теплових потоків від конвективного теплообміну між газовою фазою та рідинною q_k , від процесу конденсації парової фази рідинної

суміші $q_{\text{кд}}$, від абсорбції компонентів газової суміші у робочу рідину q_A , від випаровування робочої рідини у стискуваний газ $q_{\text{вип}}$, від теплообміну з навколишнім середовищем $q_{\text{н.с.}}$ та питомої роботи гідродинамічних втрат у робочій камері. Визначення вказаних величини можливе, виходячи із загальноприйнятих законів і закономірностей процесів тепломасообміну.

Температурні показники в процесі нагнітання стосуються одночасно мікробіологічних, фізичних і хімічних впливів. Вони можуть бути такими [13; 14], що наближаються до оптимальних у процесах можливості стабілізації температури за рахунок теплообміну середовищ при його змішуванні. Тому для одержання однорідності суміші з якісними показниками важливим є додержання теплоти в середовищі. Процеси конденсації парової фази рідини $q_{\text{кд}}$, абсорбції компонентів газової суміші у робочу рідину q_A , випаровування робочої рідини у стискуваний газ $q_{\text{вип}}$ не враховуємо, адже всі вони мають досить обмежений період свого існування або компенсуються теплообміном. На основі цього:

$$T_{X2} = \frac{g_{X1}}{g_{X2}} \cdot T_{X1} + \frac{q_{\text{к}} - q_{\text{н.с.}} + l_{\text{гидр}}}{c_X \cdot g_{X2}}. \quad (17)$$

Питома робота гідродинамічних втрат у робочій камері може бути визначена з виразу:

$$l_{\text{гидр. оберт}} = \frac{k_{\text{оберт}} \cdot \rho_X \cdot \omega^3 \cdot r_2^5}{m_{Y1}}, \quad (18)$$

де ρ_X — густина робочого середовища; ω — частота обертання робочого органа; $k_{\text{оберт}}$ — коефіцієнти потужності, що визначається експериментально; r — радіус тістової маси на поверхні робочого органа. Радіус залежить від геометрії машини та чисел Рейнольдса $Re_{\text{оберт}}$ і визначається залежністю:

$$Re_{\text{оберт}} = \frac{2 \cdot \omega \cdot r_2^2}{\nu_X}, \quad (19)$$

де ν_X — кінематична в'язкість робочого середовища при середній температурі.

Вплив температури робочого середовища T_X визначається величиною кінематичної в'язкості ν_X .

Висновки

Для подальшого використання процесу змішування у змішувальних машинах необхідно створювати різні конструктивні й технологічні схеми, які забезпечують умови додержання допустимих температурних потоків. Додержання температурних режимів середовища при дії різної конструкції робочих органів повинно якісно здійснюватися за рахунок конвективного теплообміну з навколишнім

середовищем. При цьому напрями руху температурних потоків при використанні удосконалених теплообмінних процесів будуть більш розсіюватися.

Література

1. Гулий І. С., Пушанко М. М., Орлов В. Г., Мирончук В. Г. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця: Нова книга, 2001. 576 с.
2. Лісовенко О. Т., Руденко-Грицюк О. А., Литовченко І. М., Дудко С. Д., Зірніс І. В. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. К.: Наукова думка, 2000. 283 с.
3. Сухенко Ю. Г., Стадник І. Я., Василів В. П., Сухенко В. Ю. Технологічне обладнання для виробництва виробів з борошна. К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2015. 388 с.
4. Stadnyk I., Pankiv J., Havrylko P., Karpyk H. Researching of the concentration distribution of soluble layers when mixed in the weight condition. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2020. Vol. 13, no. 1. P. 581—592.
5. Szwedziaka K., Stadnyk I., Golyachuk S., Grzywacz Z. Justification of the rheological model of process of plastic material injection by the rollers. *Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 23, no. 3. P. 101—110.
6. Stadnyk I., Pidubnyi V., Karpyk H., Kravchenko M., Hidzhelitskiy V. Adhesion effect on environment process injection. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2019. Vol. 13, no. 1. P. 429—437.
7. Pawel D., Derkach A., Stadnyk I., Vitenko T. Simulation of components mixing in order to determine rational parameters of working bodies. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2016. Vol. 9. P. 130—138.
8. Stadnyk Igor, Novak Larysa, Matenchuk Liudmyla. Global rheological approach to the quality of medium injected by the rollers. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2018. Vol. 12, no. 1. P. 24—35.
9. Apet T. K., Pashuk Z. N. 2004. Handbook of confectionery production technologist. SPb: GIOR. 560 p.
10. Патент на корисну модель №137278 «Змішувач напівфабрикатів» бюлетень № 19, від 10.10.2019.
11. Соколенко А. І., Мазаракі А., Піддубний В. А. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях: монографія. К.: Фенікс, 2012. 484 с.
12. Казаков Е. Д., Кретович В. Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М.: Агропромиздат, 1989. 367 с.
13. Козін В. М., Арсеньєв В. М., Левченко Д. О., Мелейчук С. С. Термомеханічний розрахунок рідинно-кільцевих компресорних машин: монографія. Суми.: Сумський державний університет, 2014. 158 с.
14. Деркач А., Стадник І., Василів В. Застосування експериментально-статистичного моделювання для досліджень параметрів надійності валкових машин. *Сборник научных трудов РИИЦ Sworld. Мир науки и инноваций*. 2016. № 1(3). 66 с.

FEATURES OF POST-HARVEST TREATMENT OF AMARANTH

N. Valentyuk

Odesa State Agrarian University

G. Stankevych

Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

*Amaranth grain
Postharvest grain
processing
Grain cleaning
Grain drying
Grain storage
Processing modes*

Article history:

Received 13.11.2020

Received in revised form
26.11.2020

Accepted 11.12.2020

Corresponding author:

G. Stankevych

E-mail:

georgii.stn@gmail.com

ABSTRACT

Modern conditions, the development of technology led to a significant increase in the pace of life, which affect human health. As a result of being under stressful conditions, the deterioration of the ecological condition of a person can develop many different diseases. One of the ways to influence this situation is a healthy lifestyle and a balanced diet. This causes food producers to constantly expand the range of products and improve their quality. Recently, non-traditional types of plant raw materials have been used as ingredients for food production, which allows enriching the latter with a whole complex of biologically and energetically valuable substances.

Amaranth, being widely known in America, is a fairly new crop for our country, which, although did not ranked among the traditionally grown cereals and oilseeds, but is quite able to become widespread due to the unique chemical composition of not only grain but also leaf mass. The presence of valuable oil in amaranth grain, which contains, in addition a significant amount of unsaturated fatty acids, vitamins, a substance such as squalene, allows it to be used in the pharmaceutical industry, cosmetology and medicine. In addition, the leaf-stem mass as well as waste from the production of oil, flour and cereals can be used in feeding farm animals.

However, from harvesting to direct use in the production of food or pharmaceuticals, amaranth grain must go through a range of post-harvest technological operations. For cleaning of amaranth grain it is expedient to use aerodynamic separators (ICH, ALMAZ, SAD). Amaranth can also be cleaned on sieve and sieve air separators.

For drying of amaranth grain, it is possible to use any types of the mine direct-flowing or recirculating grain dryers existing at the enterprises of this branch. For small scale farms, we can recommend Ukrainian carousel grain dryer "ASTRA-INGULKS". To ensure the quality of amaranth grain, its heating temperature during drying should not exceed 55°C.

Amaranth grain should be stored at low temperatures (5...10°C) and relative humidity (55...60%) of the environment.

ОСОБЛИВОСТІ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА АМАРАНТУ

Н. О. Валентюк

Одеський державний аграрний університет

Г. М. Станкевич

Одеська національна академія харчових технологій

Умови сучасності, розвиток технологій обумовлюють значне підвищення темпу життя, що не може не позначитись на здоров'ї людини. Внаслідок перебування в умовах стресових обставин, погіршення екологічного стану в людини можуть розвинутиися багато різних захворювань. Одним із шляхів впливу в цій ситуації є здоровий спосіб життя і збалансоване харчування. Це вимагає від виробників харчової продукції постійного розширення асортименту й підвищення її якості. Нині для виробництва продуктів харчування як інгредієнти використовуються нетрадиційні види рослинної сировини, яка збагачує останні цілим комплексом біологічно й енергетично цінних речовин.

Амарант, будучи широко відомим у країнах Америки, є досить новою для нашої країни культурою, яка хоча ще й не посіла гідне місце серед традиційно вирощуваних зернових та олійних культур, але цілком здатна набути масового поширення завдяки унікальності хімічного складу не тільки зерна, а й листостебельної маси. Наявність у зерні амаранту цінної олії, що містить, окрім значної кількості ненасичених жирних кислот, вітамінів, таку речовину, як сквален, дає змогу використовувати його ще й у фармацевтичній промисловості, косметології та медицині. Крім того, листостебельна маса, а також відходи виробництва олії, борошина та крупи можуть використовуватись у годівлі сільськогосподарських тварин.

Однак від збирання урожаю до безпосереднього використання у виробництві харчових продуктів або фармацевтичних препаратів зерно амаранту має пройти крізь цілий комплекс технологічних операцій післязбиральної обробки. Для очищення зерна амаранту доцільно використовувати аеродинамічні сепаратори (ІСН, АЛМАЗ, САД). Амарант також можна очищати на ситових і ситоповітряних сепараторах.

Для сушіння зерна амаранту можна використовувати будь-які типи існуючих на підприємствах галузі шахтних прямотечійних або рециркуляційних зерносушарок. Для невеликих фермерських господарств можна рекомендувати вітчизняну карусельну зерносушарку «АСТРА-ІНГУЛ-КС». Для забезпечення якості зерна амаранту температура його нагрівання під час сушіння не повинна перевищувати 55°C.

Зберігати зерно амаранту необхідно за понижених температур (5...10°C) та відносної вологості (55...60%) навколишнього середовища.

Ключові слова: зерно амаранту, післязбиральна обробка зерна, очищення зерна, сушіння зерна, зберігання зерна, режими обробки.

Постановка проблеми. Висока якість харчової продукції є запорукою здоров'я населення будь-якої країни. Відповідно, до виробництв харчової промисловості висуваються все більш жорсткіші вимоги. Висока конкуренція на ринку харчових продуктів спонукає виробників, у тісній співпраці з провідними науковцями, до постійного удосконалення технологічних процесів, пошуку й запровадження у виробництво нових нетрадиційних видів сировини рослинного походження.

Серед нетрадиційних для нашої країни видів сировини останнім часом інтерес приділяється такій рослині, як амарант. Амарант відомий ще за часів прадавніх цивілізацій, що заселяли американський континент. Головною особливістю цієї культури є те, що зерно містить збалансований за амінокислотним складом білок, який, за твердженнями багатьох дослідників, найбільш наближений до складу теоретично розрахованого ідеального білка, причому його кількість майже вдвічі перевищує вміст білка в зерні пшениці. Крім того, в амарантовій олії наявний у значній кількості сквален, який є природною біологічно-активною речовиною, що виконує в організмі цілий ряд ключових функцій. Він є природним компонентом захисного шару шкіри людини. Цікавим є факт, що до недавнього часу сквален можна було отримати тільки з органів деяких видів глибоководних акул. І відкриття про знаходження сквалену в рослинній сировині дало змогу значно знизити його вартість. Крім сквалену, амарантова олія, залежно від сорту, умов вирощування, містить майже 76% ненасичених жирних кислот: лінолевої — 37...62%, олеїнової — 19...35%, пальмітинової — 12...25% і стеаринової — 2...25% [2—4; 8].

Також зерно амаранту має вищий вміст кальцію, заліза, фосфору, ніж у традиційних зернових культур. Крім того, зерно амаранту багате на вітамін Е. На відміну від традиційних зернових культур амарант містить незначну кількість глютену, що обумовлює його використання у виробництві продуктів харчування для аглютенкової дієти [2; 4].

Унікальність хімічного складу як зерна, так і листостебельної маси амаранту дає змогу використовувати його в багатьох напрямках: збагачення харчової продукції корисними речовинами, отримання нової лінійки продуктів функціонального призначення; виготовлення антивікових косметичних засобів; виготовлення лікарських засобів, що застосовуватимуться при діагностиці та лікуванні онкологічних, кардіологічних, вірусних захворюваннях; листостебельна маса і відходи виробництва, такі як шрот, висівки, можуть використовуватися для годівлі сільськогосподарських тварин.

Важливою характеристикою, що свідчить на користь масового вирощування амаранту є те, що рослина невибаглива до умов вирощування, має значний адаптивний потенціал, здатна до забезпечення значного рівня продуктивності, здійснює позитивний біогеоценотичний вплив на родючість ґрунту [3].

Але з моменту збирання врожаю до безпосередньої переробки зерно амаранту, як і будь-якої іншої культури, повинно пройти крізь цілий комплекс операцій

післязбиральної обробки (очищення від домішок, сушіння, активне вентилявання, тимчасове зберігання) задля підвищення його стійкості та поліпшення якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість публікацій (як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників) присвячено безпосередньо питанням селекції, генетики й агротехнології вирощування різних видів і сортів амаранту, а також можливостям його використання в різних галузях народного господарства, що підтверджує перспективність цієї культури.

Так, наприклад, детальним дослідженням хімічного складу та біохімічних властивостей деяких анатомічних частин рослини в різні роки займалися А. Парфенов [11], А. Betschart, R. Saunders, R. Becker, Y. Konishi, які за допомогою анатомічного препарування й електронної мікроскопії визначили, що 65% білка *A. cruentus* знаходиться в зародку і насінневі оболонці, 35% — у крохмалістому периспермі. Отримані дані свідчать про можливість виробництва із зерна амаранту високобілкового борошна. І. Коренською [6] досліджено склад і фізико-хімічні показники амарантової олії та визначено його вплив на вміст загального холестерину в крові. Г. Височина [2] досліджувала хімічний склад амаранту та можливість його використання у фармакології. Дослідження, проведені Є. Офіцеровим [4], свідчать про те, що амарантові пектини можуть сполучатися як з радіоактивними сполуками, так і з токсичними металами, а потім виводитись з організму у вигляді нерозчинних сполук. Т. Чирковою з'ясовано, що до складу зерна амаранту в середньому входить до 17% білка, до 8% високоцінної олії і майже 6% клітковини.

Видовою класифікацією амаранту займалися С. Мосякін, К. Робертсон, J. Abbot, G. Aunilian J. Pita і J. Martinez-Laborde та ін. Селекції нових сортів присвячені праці Е. Гармас, М. Гиренко, В. Головина, Т. Гопцій, А. Железнова, К. Chan, M. Coons, M. Sun, S. Desai [3; 14].

Розробкою технологій вирощування амаранту в різних кліматичних зонах займалися В. Барильник, З. Кадилова, С. Когут, В. Мойсєнко, Є. Ніколаєв, М. Altieri, M. Gorshunskа, Н. Hauptli та ін.

Можливості використання амаранту як сировини для харчової промисловості, фармакології та кормовиробництва досліджували К. Іоргачова, Л. Карнаушенко, Т. Као, О. Козловський, О. Коновалов, Н. Леонтєва, О. Макєєв, І. Мартинюк, С. Миколенко, З. Царик, І. Чернов, Н. Шмалька, Т. Янюк, W. Asar, W. Breene, R. Bressani та ін., як запропонували використання амаранту як одного з інгредієнтів, що входять до складу хлібопекарських, кондитерських виробів, а також як заміну частини м'ясного фаршу при виробництві ковбасних виробів [1; 2; 4—7; 9—11].

Проблеми післязбиральної обробки зерна амаранту досліджувались Л. Овсянниковою, І. Черноусовим, Т. Янюк, R. Abalone, А. Betschart, А. Cassinera, J. Roberts та ін., зокрема вивчено гігроскопічні, теплофізичні властивості зерна амаранту. Також проведено дослідження процесу сушіння амаранту і визначено його математичну модель, розроблено технологічну модель процесу підготовки насіння амаранту до зберігання [12].

Колективом авторів у складі С. J. Togges-Miño та ін. запропоновано для сушіння амаранту використовувати мікрохвильову енергію, що значно скорочує тривалість та енерговитрати на сушіння. При цьому мікрохвильове сушіння дасть змогу вилучити вологу із внутрішніх шарів зернівки амаранту, що дуже ускладнено під час звичайного конвективного сушіння [15].

Моделювання процесу сушіння зерна амаранту в тонкому шарі за допомогою відкритої конвективної сонячної тентової сушарки проведено Е. К. Ропох. Незважаючи на значно дешевшу вартість такого способу, він придатний до застосування не для всіх кліматичних умов. Висока відносна вологість повітря, перепади температури, хмарність та ймовірність опадів у період збирання врожаю амаранту виключають можливість використання цього способу в умовах нашої країни.

Математичну модель сушіння насіння амаранту в апараті із зважено-закрученим шаром запропонували О. Журавльов та О. Бородкіна. Такий спосіб, на їхню думку, дасть змогу інтенсифікувати процес сушіння та забезпечити підвищення техніко-економічних показників зерносушарного обладнання.

Спосіб очищення зерна амаранту від домішок, який запропонували С. Шмалко та С. Смирнов, передбачає розділення зернової маси на компоненти за допомогою пневмокласифікатора із замкнутим циклом повітря за аеродинамічними властивостями, фотосепарування на фотосепараторі ОПТІМА. Варто зазначити, що, незважаючи на високу ефективність використання фотосепараторів, значно підвищуються витрати на післязбиральну обробку [13].

Особливості біохімічного складу та досить дрібні розміри зернівок амаранту вимагають його післязбиральної обробки, ретельного підбору режимних параметрів застосованого технологічного обладнання.

Мета дослідження: удосконалення технологічної схеми післязбиральної обробки зерна амаранту та визначення оптимальних режимів роботи технологічного обладнання.

Викладення основних результатів дослідження. Амарант має пізній і дещо розтягнутий період збирання врожаю, оскільки зерно у волотях визріває неодноразово. Це обумовлює високу вологість зерна (до 20% і вище). Як відомо, підвищена вологість зерна та наявність домішок сприяє підвищенню інтенсивності дихання зерна та життєдіяльності мікроорганізмів і може призвести до виникнення такого негативного явища, як самозигрівання зернової маси. Отже, для забезпечення надійного зберігання свіжозібране зерно амаранту необхідно у короткі строки очистити від домішок та просушити до кондиційної вологості. Своєчасне проведення післязбиральної обробки дасть змогу забезпечити якість зерна амаранту до подальшої переробки. Для запобігання втрат під час зберігання зерно амаранту має відповідати таким вимогам: вологість — не більше 9%; заміченість — не більше 2%.

Для того, щоб визначитись з режимами очищення, необхідно врахувати такі фізико-механічні особливості: зернівка амаранту має округлу лінзоподібну форму, гладеньку поверхню та досить дрібні (діаметром від 0,6 мм до 1,5 мм) розміри; значення маси 1000 зернин знаходиться в межах 0,6...1,2 г, залежно від сорту, виповненості, вологості; швидкість витання коливається в межах 3,0...4,0 м/с.

Зважаючи на те, що зернова маса амаранту містить домішки (насіння щириці), близькі за розмірами до основної культури, для її очищення можна рекомендувати використовувати аеродинамічні сепаратори. Перевагою використання таких сепараторів є те, що вони забезпечують не тільки видалення домішок, а ще й розділяють зерно на фракції, використовуючи для цього відмінності у питомій вазі. Серед таких сепараторів найбільшою популярністю користуються марки САД, ІСН, АЛМАЗ, які представлені на ринку досить широкою лінійкою з продуктивності.

Невеликі фермерські господарства не завжди мають у своєму розпорядженні новітню техніку, тому для очищення зерна амаранту в таких випадках можна використовувати ситоповітряні сепаратори. Для забезпечення їхньої ефективності можна рекомендувати набір решіт з круглими отворами таких розмірів (мм): Б1 — 1,0...1,1; Б2 — 1,0...1,1; В2 — 1,0...1,2; Г1 — 0,7...0,9; та з продовговуватими отворами з розмірами (мм): Б1 — (0,8...1,0)×20, Б2 — (0,5...0,7)×20, В1 — (0,4...0,6)×20. Розміри отворів решіт необхідно уточнювати при проведенні пробного очищення, оскільки вони можуть змінюватись залежно від геометричних розмірів зернівок конкретної партії амаранту. Також необхідно провести регулювання швидкості повітряного потоку в пневмоканалі сепаратора.

Для забезпечення стійкості зерна амаранту до зберігання й уникнення погіршення його якісних показників, враховуючи особливості біохімічного складу, сушіння варто проводити із застосуванням щадних режимів, за яких не відбувається перегрівання зерна понад 55°C.

Для сушіння зерна амаранту можна використовувати будь-які типи зерносушарного обладнання, що є в наявності на підприємстві. З цією метою можна застосовувати як шахтні прямотечійні, так і рециркуляційні зерносушарки, а також колонкові (решітні) модульні прямотечійні зерносушарки. Але варто зазначити, що найкраще для сушіння амаранту пристосовані шахтні зерносушарки з клиноподібними жалюзійними коробами. Вони забезпечують вищу якість і рівномірність просушеного зерна.

У разі відсутності на підприємстві таких зерносушарок, для сушіння зерна амаранту можна використовувати карусельні зерносушарки, наприклад, АСТРА-ІНГУЛ-КС, що випускається вітчизняною компанією ТОВ «АСТРА С» (м. Кропивницький). Можна вважати її оптимальною для малих фермерських господарств, оскільки вона призначена для якісного сушіння всіх видів зернових, олійних і бобових культур продовольчого, фуражного і насінневого призначення, а також зерна і насіння різноманітних трав.

Варто зазначити, що технологія сушіння і конструкція карусельної зерносушарки АСТРА-ІНГУЛ-КС забезпечує якісне сушіння:

- посівного матеріалу (використовується м'який температурний режим);
- високовологого зерна (кукурудза, соя, горох), непростого для сушіння;
- зерна та насіння, які погано продуваються в шарі через малі розміри зернин або форми (зерно амаранту, насіння льону, трав тощо).

Окрім самостійного використання, карусельна зерносушарка АСТРА-ІНГУЛ-КС може бути укомплектована «зерновим насосом», який являє собою кільцевий скребковий конвеєр (КСК). Технологічну схему сушіння зерна амаранту на базі карусельної сушарки із «зерновим насосом» наведено на рис. 1.

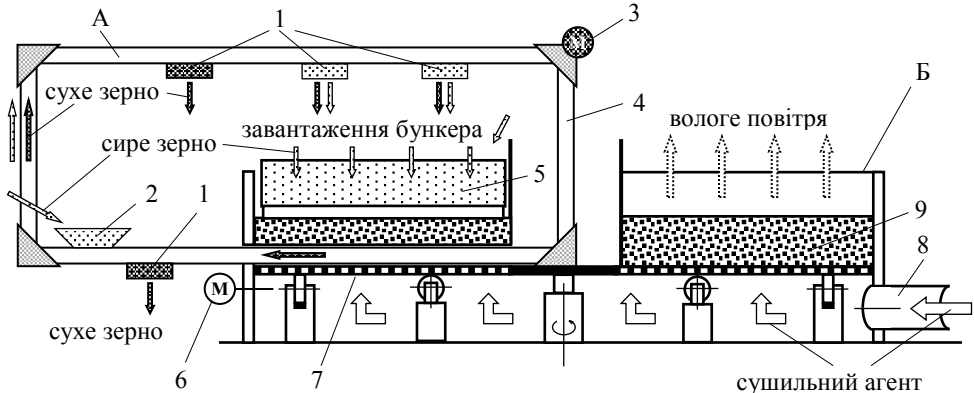


Рис. 1. Карусельна сушарка із «зерновим насосом» — завантажувачем бункера дозованої подачі та відбирачем сухого зерна: А — «зерновий насос»; Б — карусельна сушарка; 1 — відвантажувальні шибери; 2 — хопер; 3 — привід конвєсера; 4 — трубопровід конвєсера; 5 — бункер подачі зерна; 6 — привід «каруселі»; 7 — обертове решето; 8 — газохід від теплогенєратора; 9 — зерновий шар товщиною 400...600 мм

Згідно зі схемою, сире зерно із хопера 2 подають по трубопроводу «зернового насоса» 4 в бункер дозованої подачі 5 і далі завантажують на обертове решето 7 карусельної сушарки шаром товщиною 400...600 мм. При обробці невеликих порцій амаранту зерно висушують у карусельній сушарці, у ній же охолоджують і «зерновим насосом» через нижній шибер 1 виводять на зберігання. При поточної обробці амаранту зерно висушують і «зерновим насосом» через верхній шибер 1 направляють на окремий охолоджувач, і, далі, у бункери чи склад на зберігання.

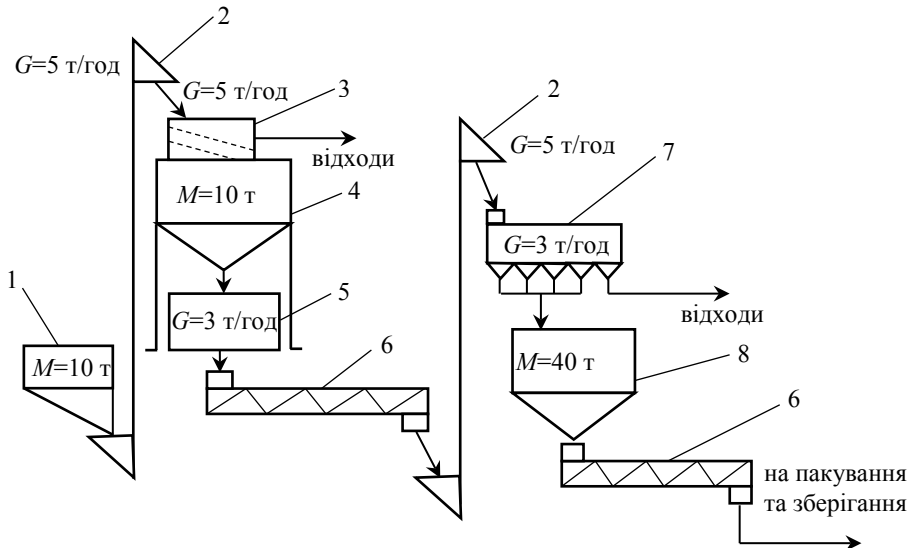


Рис. 2. Технологічна схема лінії післязбиральної обробки зерна амаранту: 1 — приймальний бункер з автотранспорту; 2 — норія; 3 — сепаратор БСХ-6; 4 — досушительний бункер; 5 — карусельна сушарка КС; 6 — конвєсєр шнековий; 7 — аєродинамічний сепаратор ІСН-3; 8 — накопичувальний бункер

Враховуючи результати власних досліджень фізико-технологічних властивостей зерна амаранту та літературних даних з технології післязбиральної обробки дрібнонасіненних культур, для невеликих об'ємів надходження зерна амаранту можна запропонувати технологічну схему, яку наведено на рис. 2.

Технологічна схема передбачає приймання зерна амаранту з автотранспорту, первинне очищення на сепараторі марки БСХ-6, сушіння зерна амаранту на карусельній сушарці марки КС, очищення зерна на сепараторі марки ІСН-3 та подачу зерна на тимчасове зберігання.

Зберігати зерно амаранту доцільно у затареному вигляді. На зберігання зерно амаранту варто закладати із вологістю не більше 9%. Найкращі результати забезпечує зберігання за понижених температур ($t=5\dots 10^{\circ}\text{C}$) і вологості навколишнього середовища ($\varphi=55\dots 60\%$). Такі умови дають змогу значно уповільнити процеси життєдіяльності зерна — знижується інтенсивність дихання зерна, яке є показником біологічної активності зернових мас при зберіганні. При цьому уповільнюється обмін речовин у зерні, що дає змогу зберегти показники якості зерна на необхідному рівні. Крім того, в таких умовах значно зменшується кількість бактерій і міксоміцетів, що є супутниками зернових мас.

Висновки

Для очищення зерна амаранту доцільно використовувати аеродинамічні сепаратори (САД, ІСН, АЛМАЗ та ін.), які, окрім видалення домішок, розділяють зерно за питомою вагою на фракції. Амарант також можна очищати на існуючих на підприємствах ситових і ситоповітряних сепараторах, використовуючи набір решіт з круглими отворами таких розмірів (мм): Б1 — 1,0...1,1; Б2 — 1,0...1,1; В2 — 1,0...1,2; Г1 — 0,7...0,9; та з продовгуватими отворами з розмірами (мм): Б1 — (0,8...1,0)×20, Б2 — (0,5...0,7)×20, В1 — (0,4...0,6)×20.

Для сушіння зерна амаранту можна використовувати будь-які типи існуючих на підприємствах галузі шахтних прямотечійних або рециркуляційних зерносушарок. Також можна сушити амарант і на колонкових (решітних) модульних прямотечійних зерносушарках. Однак найкращу якість і рівномірність просушеного зерна амаранту можна отримати при застосуванні шахтних зерносушарок з клиноподібними жалюзійними коробами. При цьому температура нагріву зерна не повинна перевищувати 55°C . Для невеликих фермерських господарств можна рекомендувати застосовувати карусельні зерносушарки вітчизняного виробництва АСТРА-ІНГУЛ-КС як самостійно, так і в комплекті із «зерновим насосом».

Зберігати зерно амаранту необхідно за понижених температур ($5\dots 10^{\circ}\text{C}$) та відносній вологості ($55\dots 60\%$) навколишнього середовища.

Література

1. Буяльська Н. П., Литвиненко О. О., Денисова Н. М. Використання продуктів переробки амаранту у виробництві хлібобулочних виробів. *Технічні науки та технології*. 2019. № 3(17). С. 226—233.
2. Высочина Г. И. Амарант (*amaranthus* L): химический состав и перспективы использования (обзор). *Химия растительного сырья*. 2013. № 2. С. 5—14.
3. Гопцій Т. І., Воронков М. Ф., Бобро М. А. та ін. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: Монографія. Харків: ХНАУ, 2018. 362 с.

4. Золоедов В. И., Офицеров Е. Н., Мирошниченко Л. А. Амарантовое масло в диетотерапии сахарного диабета 2 типа. *Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Поиск новых физиологически активных веществ: мат-лы 4-й Всерос. с междунар. участием науч.-мет. конф.* (20—22 апреля 2010). Воронеж, 2010. С. 159—161.

5. Тхи Хуе Као, Тхи Фьонг Лйен Чан. Зерно амаранта как источник биологически активных веществ. *Молодой ученый*. 2018. № 40(226). С. 98—101. URL: <https://moluch.ru/archive/226/52619/> (дата обращения: 03.10.2020).

6. Коренская И. М. и др. Жирнокислотный состав масла, полученного из различных сортов семян амаранта печального. *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр.* Пятигорск: Пятигорская ГФА, 2011. Вып. 66. С. 118—119.

7. Круглов Д. С. и др. Шрот амаранта — источник жизненно важных элементов. *Aktualni vymoznosti vedy 2012: Materialy VIII Mexinorodni vedecko-practicka konferencie. 27.06.2012—05.07.2012 Dil. 17. Biologicke vedy Chemie a chemicka technologiei. Praha: Publishing House "Education and Science" s. r. o. 2012. P. 5—6.*

8. Магомедов И. М., Чиркова Т. В., Чиркова А. И. Сквален как антигипоксанта в организмах животных и растений. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. 5(1). С. 90—92.

9. Мартинюк І. О. Вплив амаранту на показники харчової та біологічної цінності комбінованих ковбасних виробів. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. Вип. 1. Вінниця: ВДАУ. 2006. С. 235—239.

10. Миколенко С. Ю., Царук Л. Ю., Чурсінов Ю. О. Вплив продуктів переробки амаранту і чаї на якість хліба. *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. № 5(1330). С. 145—151.

11. Парфёнов А. А. и др. Хромато-масс-спектрометрический анализ стеринов и других липофильных соединений жирного масла амаранта печального сорта Воронежский. *Найновите постижения на европейската наука 2012: Материали за VIII Международна научна практична конференция*. 17—25 юни 2012 г. Т. 16. Биологи. Химия и химически технологии. София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2012. С. 3—4.

12. Станкевич Г. М., Валентюк Н. О. Проблемы та перспективи післязбиральної обробки насіння амаранту. Реконструктивний тип адаптування реального сектору економіки та галузевої науки України до умов постіндустріального суспільства: Монографія. За ред. Савенка І. І., Станкевича Г. М., Седікової І. О. Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2017. С. 373—390.

13. Шмалько Н. А., Смирнов С. О. Способ очистки зерна амаранта от примесей. *Техника и технология пищевых производств*. 2017. Т. 46. № 3. С. 114—120.

14. He N. P., Sun M., Corke H. Extraction and purification of squalene from amaranthus grain. *Agric.Food Chem.* 2002. Vol. 50, N. 2. P. 368—372.

15. Torres-Miño C. J., Maqueda R. H., Moreno Á. H. Adaptation Strategies and Microwave Drying of Amaranth Species with a High Nutritional Value to the Ecuadorian Andean Region. *Nutritional Value of Amaranth*. Edited by Viduranga Y. Waisundara. URL: <https://www.intechopen.com/books/nutritional-value-of-amaranth> (дата обращения: 03.10.2020).

RESEARCH OF PERFORMANCE OF VIBRO-PNEUMATIC SEPARATOR

I. Shilo, V. Pozdniakov, S. Zelenko

The Belarusian State Agrarian Technical University

Key words:

Vibro-pneumatic separator
Sorting
Specific weight
Performance
Seeds

Article history:

Received 20.11.2020
Received in revised form
04.12.2020
Accepted 21.12.2020

Corresponding author:

V. Pozdniakov
E-mail:
vovaby@tut.by

ABSTRACT

Raising the level of crop yield mainly depends on the quality and biological value of seeds. Moreover, the biological value of seeds defines not so much as its geometric parameters as its specific weight which bounds up with the ripeness and nature of seeds. The seeds of the largest specific weight have high germination capacity and as a fact secure high and consistent harvests. The most effective method to assort seeds within their specific weight is by means of the vibro-pneumatic separator in fluidized bed.

Scheme of a direct-flow vibro-pneumatic separator with new technical solutions was scientifically substantiated and obtained on the basis of the conducted studies. The description of the worked out experimental stand for the study of the self-sorting process of dry components in slush layer was adduced. A separator with vibro-pneumatic principle of operation and new design was developed and described, which helps to considerably increase the efficiency of assortment of grain mixture components on the fractions according to their specific weight. The fractions differed from each other by specific weight within the limits of 10—15%. The mathematical formula was obtained on the basis of theoretical and experimental research. This formula calculates the efficiency of the vibro-pneumatic equipment taking into account physical and mechanical properties of processed seeds and constructive peculiarities of the equipment.

Research results could be used for describing the working parameters of the vibro-pneumatic equipment to assort seeds within their specific weight. It will help to make the most efficient use of described equipment. The introduction of research results will allow to create a scientific and technical basis for the creation of high-performance machines for preseeding grain and seed preparation.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

И. Н. Шило, В. М. Поздняков, С. А. Зеленко

Белорусский государственный аграрный технический университет

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от качества семян, их биологической ценности. При этом биологическую ценность семян характеризует не столько геометрические параметры, сколько их удельный вес, который связан со спелостью и натурой семени. Семена с наибольшим удельным весом обладают высокой энергией прорастания, всхожестью и, соответственно, дают высокий урожай. Наиболее эффективным методом сортирования семян по удельному весу является вибропневматическое сортирование в псевдооживленном слое.

В статье на основании проведенных исследований научно обоснована и практически реализована конструктивно-технологическая схема прямоточного вибропневматического сепаратора с новыми техническими решениями. Для изучения процесса сортирования семян в псевдооживленном слое разработан и изготовлен экспериментальный стенд, главным элементом которого является прямоточный вибропневматический сепаратор, позволяющий значительно повысить эффективность сортирования компонентов смеси семян на фракции, отличающиеся между собой удельным весом в пределах 10—15%. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований получена математическая модель для определения производительности вибропневматического оборудования, учитывающая физико-механические свойства обрабатываемых семян и конструктивные особенности оборудования. Анализ математических уравнений позволил определить основные направления повышения эффективности процесса вибропневматического сортирования зерна и семян в псевдооживленном слое.

Полученные математические зависимости могут быть использованы при обосновании рациональных режимно-конструктивных параметров работы вибропневматического оборудования для сортирования семян по удельному весу. Внедрение результатов исследований позволит создать научную и техническую основу создания высокопроизводительных машин для предпосевной подготовки зерна и семян.

Ключевые слова: *вибропневматический сепаратор, сортирование, удельный вес, производительность, семена.*

Постановка проблемы. В современных условиях эффективность производства продукции растениеводства зависит от соблюдения технологии возделывания культуры и качества используемых для посева семян. Повышение качества семенного материала является одним из ключевых вопросов в семеноводстве.

Одним из перспективных способов повышения качества семенного материала является сортирование семян по удельному весу в псевдооживленном слое на

вибропневматическом оборудовании. Однако математическое описание процессов, протекающих при вибропневмосортировании компонентов сыпучей смеси семян в псевдооживленном слое, требует учета большого количества факторов, а также стохастического характера перемещения отдельных частиц.

Существующие математические модели не позволяют адекватно описать процесс сортирования и перемещения семян с незначительным различием удельного веса при вибропневмосортировании. Следовательно, для получения адекватных математических моделей необходимо провести дополнительные теоретические исследования с проверкой адекватности полученных уравнений реальному процессу на основе экспериментальных данных.

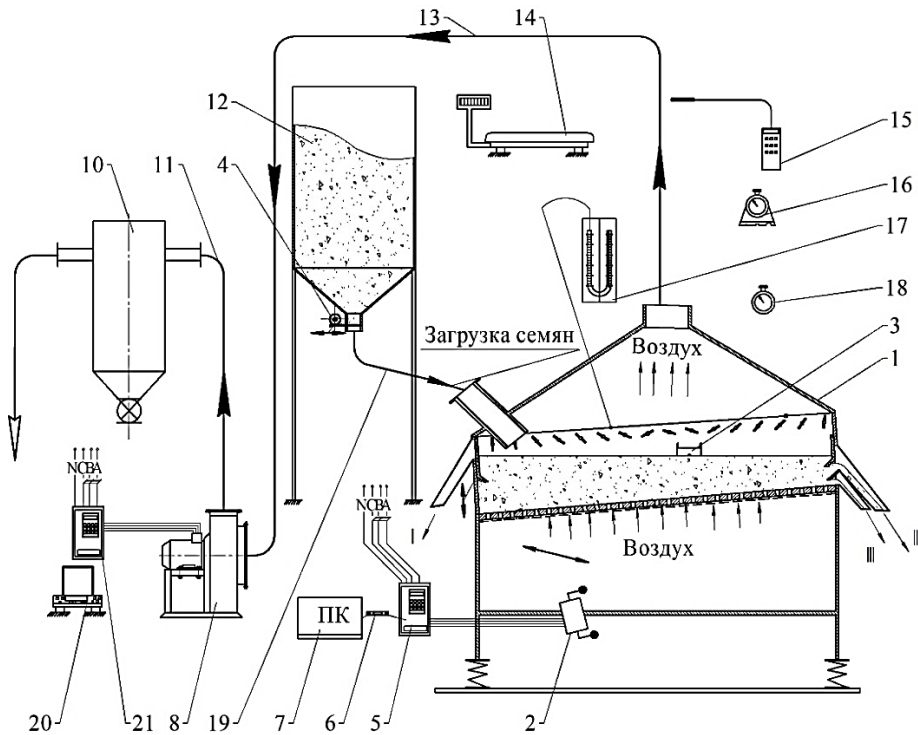


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:

- I — легкая фракция (легковесные и низконатурные семена); II — средняя фракция (основная партия семян); III — плотная фракция (семена с высоким потенциалом урожайности); 1 — лабораторный вибропневматический сепаратор ИВ-99Б; 2 — электровибратор ИВ-99Б; 3 — датчик уровня семян; 4 — механизм регулировки подачи исходного продукта; 5 — частотный преобразователь PROSTAR PR 6100; 6 — преобразователь интерфейса AC4; 7 — персональный переносной компьютер ASUS X550C; 8 — вентилятор ВР 120-28; 9 — нагнетающий воздуховод; 10 — осадочная камера; 11 — воздуховод; 12 — бункер; 13 — всасывающий воздуховод; 14 — весы; 15 — анемометр ТКА-ПКМ50; 16 — угломер маятниковый ЗУРИ-М; 17 — U образный манометр; 18 — секундомер; 19 — патрубок для подачи массы семян; 20 — анализатор влажности; 21 — частотный преобразователь ВЕСПЕР E2-8300-007H

Анализ основных достижений и публикаций. Проведенные исследования [1—3] показали, что посевные качества семян во многом определяется их удельным весом: чем он выше, тем выше содержание в семени протеина, который влияет на энергию прорастания, а также крахмала, расщепление которого обеспечивает питание зародыша в процессе прорастания семени. В связи с этим вопросами сортирования семян по удельному весу занимаются большое количество отечественных и зарубежных ученых [4—8], которые обосновали основные направления исследований в данной области.

Целью статьи является исследование процесса сортирования семян в псевдооживленном слое с разработкой математической модели для определения производительности вибропневматического оборудования с прямоточным разделением фракций.

Изложение основных результатов исследования. Для достижения поставленной цели на базе лаборатории послеуборочной обработке зерна и семян БГАТУ разработан и изготовлен экспериментальный стенд, позволяющий проводить исследования процессов сортирования семян сельскохозяйственных культур по удельному весу под действием вибрации и восходящих потоков воздуха. Схема экспериментального стенда представлена на рис. 1.

Основным элементом экспериментального стенда является разработанный прямоточный вибропневматический сепаратор для сортирования смеси семян по удельному весу [9; 10].

Для описания процесса вибропневмосортирования целесообразно заменить реальный процесс соответствующей математической моделью, которая, после экспериментальной проверки, может служить средством получения достоверной информации о ходе протекания процесса и существенно упростить проведение инженерных расчетов при проектировании данного вида оборудования. Схема сил, действующих на частицу при вибропневматическом сортировании в псевдооживленном слое, представлена на рис. 2.

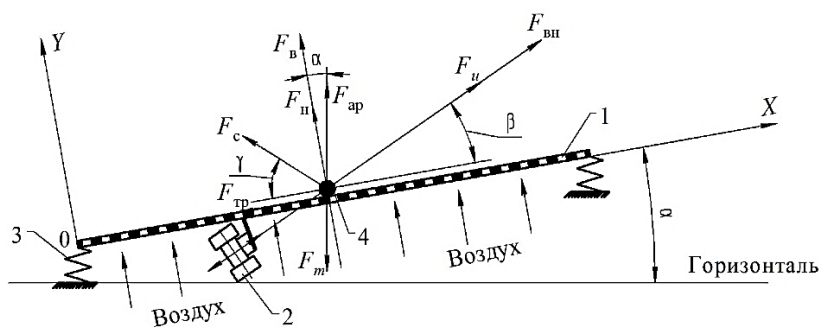


Рис. 2. Схема сил, действующих на частицу при вибропневматическом сортировании в псевдооживленном слое:

1 — сетчатая дека; 2 — электровибратор; 3 — виброопора; 4 — материальная частица

В системе координат, связанной с сетчатой декой вибропневмосепаратора, на частицу в общем случае действуют силы тяжести F_T , трения о поверхность сетчатой деки $F_{тр}$, нормальной реакции поверхности на частицу F_n , инерции F_u , аэродинамического воздействия воздушного потока на частицу F_B , Архимеда $F_{ар}$, сопротивления F_c , вынуждающая сила $F_{вн}$, которая меняется по синусоидальному гармоническому закону $A \sin \omega t$ и образует угол β с сетчатой декой.

Для рассматриваемой системы сил и ускорений дифференциальные уравнения движения частицы относительно вибрирующей сетчатой деки в проекциях на оси OX и OY запишутся в следующем виде:

$$m \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) = \sum_{i=1}^n F_{ix}; \quad (1)$$

$$m \left(\frac{d^2 y}{dt^2} \right) = \sum_{i=1}^n F_{iy}. \quad (2)$$

где t — время движения частицы, с.

Для нашего случая уравнения (1) и (2) примут следующий вид:

$$m \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) = F_{ix} - F_{mx} + F_{арx} - F_{тр} - F_{cx}; \quad (3)$$

$$m \left(\frac{d^2 y}{dt^2} \right) = F_{iy} + F_{арy} + F_n + F_B + F_{cy} - F_{my}. \quad (4)$$

После подстановки в уравнения (3) и (4) значений соответствующих сил получим:

$$m \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) = mA\omega^2 \sin \omega t \cos \beta - mg \sin \alpha + F_{ар} \sin \alpha - F_{тр} - F_c \cos \gamma; \quad (5)$$

$$m \left(\frac{d^2 y}{dt^2} \right) = mA\omega^2 \sin \omega t \sin \beta + F_{ар} \cos \alpha + F_n + F_B + F_c \sin \gamma - mg \cos \alpha; \quad (6)$$

где γ — угол приложения силы сопротивления F_c , рад.

Значение силы трения $F_{тр}$ зависит от направления мгновенных перемещений частиц. В первом приближении представим величину силы трения $F_{тр}$ в виде выражения:

$$F_{тр} = fF_n = tg\varphi_t F_n, \quad (7)$$

где f — коэффициент сопротивления перемещению частиц; φ_t — угол трения частиц о наклонную плоскость, рад.

Сила сопротивления F_c пропорциональна скорости колебаний $v_k = A\omega \cos \omega t$

$$F_c = k_1 v_k = k_1 A\omega \cos \omega t, \quad (8)$$

где k_1 — коэффициент сопротивления, зависящий от свойств сыпучего материала, геометрических размеров и состояния вибрирующей ситовой поверхности и других параметров.

Частица не отрывается от вибрирующей сетчатой деки (находится на ее поверхности) в случае, если ее ускорение равно нулю, т. е. $\frac{d^2 y}{dt^2} = 0$. Тогда из уравнения (6) следует:

$$F_{\text{н}} = mg \cos \alpha - mA\omega^2 \sin \omega t \sin \beta - k_1 A\omega \cos \omega t \sin \gamma - F_{\text{ап}} \cos \alpha - F_{\text{в}}. \quad (9)$$

Подставляем в уравнение (5) значение $F_{\text{тр}} = tg\varphi_{\text{т}} F_{\text{н}}$. Величину $F_{\text{н}}$ определяем из выражения (9), тогда имеем:

$$m \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) = mA\omega^2 \sin \omega t \cos \beta - k_1 A\omega \cos \omega t \cos \gamma - mg \sin \alpha + F_{\text{ап}} \sin \alpha - (mg \cos \alpha - mA\omega^2 \sin \omega t \sin \beta - F_{\text{ап}} \cos \alpha - F_{\text{в}} - k_1 A\omega \cos \omega t \sin \gamma) tg\varphi_{\text{т}}. \quad (10)$$

Зная зависимость каждого слагаемого от времени, проинтегрируем уравнение (10). Такая зависимость для силы сопротивления $F_{\text{с}}$ установлена в выражении (8). Силу аэродинамического воздействия воздушного потока на частицу $F_{\text{в}} = S_{\text{сн}} \Delta P_{\text{сн}} = S_{\text{сн}} (\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{в}})(1 - \varepsilon_{\text{сн}})gh_{\text{т}}$ принимаем по времени постоянной.

Силу Архимеда также принимаем постоянной по времени и определяем из выражения:

$$F_{\text{ап}} = \frac{\pi d_{\text{т}}^3}{6} \rho_{\text{в}} g \quad (11)$$

где $d_{\text{т}}$ — эквивалентный диаметр частиц, м; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воздуха, кг/м³; $\rho_{\text{т}}$ — плотность частиц, кг/м³; $\varepsilon_{\text{сн}}$ — порозность слоя частиц; $h_{\text{т}}$ — высота слоя частиц, м; g — ускорение свободного падения м/с²; $S_{\text{сн}}$ — площадь поперечного сечения слоя частиц, м²; $\Delta P_{\text{сн}}$ — перепад давления для воздуха, проходящего через слой частиц, Па.

После преобразования выражения (10), сгруппировав слагаемые с $\sin \omega t$ и $\cos \omega t$, получим:

$$m \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) = \frac{mA\omega^2 \sin \omega t \cos(\varphi_{\text{т}} - \beta)}{\cos \varphi_{\text{т}}} - \frac{k_1 A\omega \cos \omega t \cos(\varphi_{\text{т}} + \gamma)}{\cos \varphi_{\text{т}}} - \frac{mg \sin(\varphi_{\text{т}} + \alpha)}{\cos \varphi_{\text{т}}} + \frac{F_{\text{ап}} \sin(\varphi_{\text{т}} + \alpha)}{\cos \varphi_{\text{т}}} + F_{\text{в}} tg\varphi_{\text{т}}. \quad (12)$$

Разделив обе части уравнения (12) на величину m , проинтегрировав его по времени τ , можно найти значение скорости частицы $v_{\text{чх}}$:

$$v_{\text{чх}} = \int \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) dt = \frac{A\omega \cos \omega t \cos(\varphi_{\text{т}} - \beta)}{\cos \varphi_{\text{т}}} - \frac{k_1 A \sin \omega t \cos(\varphi_{\text{т}} + \gamma)}{m \cos \varphi_{\text{т}}} - \frac{gt \sin(\varphi_{\text{т}} + \alpha)}{\cos \varphi_{\text{т}}} + \frac{F_{\text{ап}} t \sin(\varphi_{\text{т}} + \alpha)}{m \cos \varphi_{\text{т}}} + \frac{F_{\text{в}} t}{m} tg\varphi_{\text{т}} + C_1. \quad (13)$$

В нашем случае рассматривается поведение слоя после включения электро-вибраторов, поэтому постоянную интегрирования C_1 можно найти из начального условия: при $t=0$ также $v_{\text{чх}} = 0$, так как без вибрации нет движения частиц. Тогда с учетом, что при $t=0$ выполняется $\sin \omega t = 0$, выражение для определения постоянной интегрирования C_1 запишется в следующем виде:

$$C_1 = \frac{A\omega \cos(\varphi_{\text{т}} - \beta)}{\cos \varphi_{\text{т}}}. \quad (14)$$

Подставив значение C_1 из выражения (14) в (13), после преобразования получим окончательную формулу для определения скорости перемещения частицы:

$$v_{\text{чх}} = \frac{A\omega(1 - \cos \omega t) \cos(\varphi_{\tau} - \beta)}{\cos \varphi_{\tau}} - \frac{k_1 A \sin \omega t \cos(\varphi_{\tau} + \gamma)}{m \cos \varphi_{\tau}} - \frac{gt \sin(\varphi_{\tau} + \alpha)}{\cos \varphi_{\tau}} + \frac{F_{\text{ар}} t \sin(\varphi_{\tau} + \alpha)}{m \cos \varphi_{\tau}} + \frac{F_{\text{в}} t}{m} \operatorname{tg} \varphi_m, \quad (15)$$

где $v_{\text{чх}}$ — скорость перемещения частицы, м/с; A — амплитуда колебания наклонной поверхности (сетчатой деки), мм; ω — частота колебания сетчатой деки, рад/с; α — угол наклона сетчатой деки, рад; t — время, с; φ_{τ} — угол трения частиц о наклонную плоскость, рад; β — угол действия вынуждающей силы, рад; m — масса частицы, кг; γ — угол приложения силы сопротивления, рад; g — ускорение свободного падения м/с²; $F_{\text{ар}}$ — сила Архимеда, Н; $F_{\text{в}}$ — сила аэродинамического воздействия воздушного потока на частицу, Н.

Таким образом, по формуле (15) можно рассчитать скорость частиц для безотрывного движения по наклонной оси OX .

Чтобы по выражению (15) можно было определить среднюю скорость перемещения частиц по сетчатой деке вибропневмосепаратора, необходимо ввести поправочный коэффициент, учитывающий аэродинамические явления, стохастический характер перемещения отдельных частиц и трение между ними.

С точки зрения практического использования скорость перемещения частицы по сетчатой деке не является показателем, характеризующим эффективность работы вибропневматического сепаратора. Критерием оценки эффективной работы вибропневматического сепаратора, наряду с качественными показателями, является его производительность, которую можно определить из условия неразрывности потока:

$$Q = Bh_{\text{дин}} \rho_n v_{\text{ср}}, \quad (16)$$

где $v_{\text{ср}}$ — средняя скорость перемещения частицы по сетчатой деке, м/с; Q — подача семян на сетчатую деку, кг/с; B — ширина сетчатой деки, м; ρ_n — насыпная плотность семян, поступивших на вибропневмосортирование, кг/м³; $h_{\text{дин}}$ — высота слоя семян в процессе самосортирования, м.

Так как в процессе сортирования высота слоя продукта на сетчатой деке остается постоянной, то подача семян на деку равна производительности. Ширина канала B равна ширине слоя потока семян у выходных патрубков для плотной и средней фракций.

Высоту слоя семян в процессе сортирования $h_{\text{дин}}$ можно рассчитать по выражению:

$$h_{\text{дин}} = h_1 + h_2, \quad (17)$$

где h_1 — высота зазора между сетчатой декой и выходным патрубком для плотной фракции, м; h_2 — высота зазора между выходным патрубком для плотной и средней фракций, м.

Тогда выражение (16) относительно производительности можно представить в следующем виде:

$$Q = B(h_1 + h_2)k\rho_n v_{cp}, \quad (18)$$

где Q — производительность вибропневматического сепаратора, кг/с; k — поправочный коэффициент.

С учетом выражения для определения скорости перемещения частицы по сетчатой деке (15) и поправочного коэффициента, получим окончательную формулу для определения производительности прямооточного вибропневматического сепаратора:

$$Q = B \cdot (h_1 + h_2) \cdot k \cdot \rho_n \times \left[\frac{A\omega(1 - \cos \omega t) \cos(\varphi_T - \beta) - k_1 A \sin \omega t \cos(\varphi_T + \gamma)}{\cos \varphi_T} - \frac{m \cos \varphi_T}{\frac{gt \sin(\varphi_T + \alpha)}{\cos \varphi_T} + \frac{F_{ap} t \sin(\varphi_T + \alpha)}{m \cos \varphi_T} + \frac{F_b t}{m} \operatorname{tg} \varphi_m} \right]. \quad (19)$$

Для определения поправочного коэффициента k была проведена дополнительная серия экспериментальных исследований по оценке влияния скорости воздушного потока в рабочей камере вибропневмосепаратора и частоты колебаний сетчатой деки.

После обработки экспериментальных данных при помощи статистического пакета программы STATISTIKA 10 была получена регрессионная модель, позволяющая определить поправочный коэффициент k , описывающий изменение расчетной производительности разработанного вибропневматического сепаратора от скорости воздушного потока, частоты колебания сетчатой деки:

$$k = 120,05 - 80,28v_b - 7,64f + 7,23v_b^2 + 3,34v_b f + 0,10f^2. \quad (20)$$

На рис. 3 представлена графическая зависимость, показывающая изменение производительности вибропневматического сепаратора от угла наклона деки на основании экспериментальных и расчетных данных.

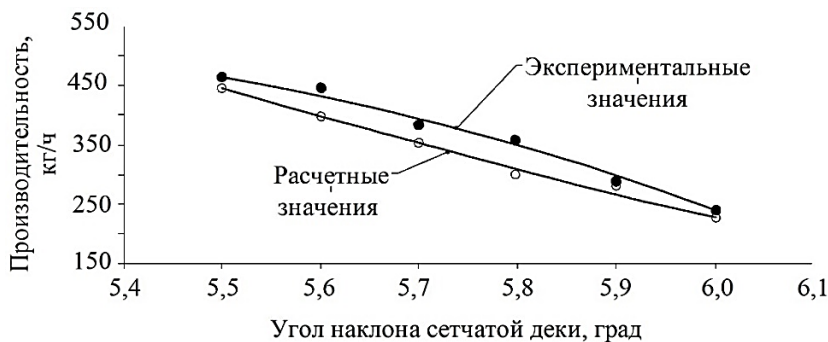


Рис. 3. Изменение расчетной и экспериментальной производительности вибропневмосепаратора от угла наклона деки

Анализ графической зависимости показывает высокую сходимость расчетных и экспериментальных данных производительности вибропневматического сепаратора при одинаковых значениях режимно-конструктивных параметров работы.

Анализ полученного уравнения (19) показал, что производительность вибропневматического сепаратора с прямоточным разделением фракций зависит от угла наклона, амплитуды и частоты колебания сетчатой деки, а также параметров скорости воздушного потока в рабочей камере.

Выводы

Вибропневматическое сортирование семян в псевдооживленном слое по удельному весу является необходимым условием обеспечения высоких посевных качеств семенного материала.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований получена математическая модель (19), описывающая изменение производительности разработанного вибропневмосепаратора с прямоточным разделением фракций в зависимости от частоты колебаний и угла наклона сетчатой деки, угла действия вынуждающей силы, силы аэродинамического воздействия воздушного потока на частицу и массы частицы. Анализ полученной математической модели позволил определить основные направления повышения производительности вибропневматического оборудования: уменьшение угла наклона сетчатой деки, повышение амплитуды и частоты колебаний сетчатой деки, снижение скорости воздушного потока в рабочей камере.

Полученные математические зависимости могут быть использованы при обосновании рациональных режимно-конструктивных параметров работы вибропневматического оборудования для сортирования семян по удельному весу.

Результаты исследований представляют интерес для сельскохозяйственных предприятий и научных организаций, связанных с подготовкой семян. Важность и значимость изложенных материалов заключается в достижении социального и экономического эффекта за счет обеспечения сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь высококачественными посевными и товарными семенами, что позволит повысить урожайность возделываемых культур и, соответственно, экономические показатели.

Литература

1. Жатова Г. О. Загальне насіннєзнавство. Суми: Університетська книга, 2009. 273 с.
2. Шпаар Д. Зерновые культуры: выращивание, уборка, хранение и использование. К.: Издательский дом «Зерно», 2012. 704 с.
3. Каленська С. М. Насіннєзнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 320 с.
4. Фадеев Л. В. Сильные семена на каждое поле. Щадящая пофракционная технология Фадеева. Харьков: СПЕЦ ЭММ, 2013—2014. 178 с.
5. Фадеев Л. В. Отборные семена — на каждое поле. Первый этап получения отборных семян. *Хлебопродукты*. 2014. № 5. С. 31—33.
6. Фадеев Л. В. Без пневмовибростола нельзя получить сильные семена. *Хлебопродукты*. 2013. № 8. С. 24—27.
7. Moshatati A., Gharineh M. Effect of grain weight on germination and seed vigor of wheat. *Intl J Agri Crop Sci*. 2012. Vol. 4, No. 8. P. 458—460.
8. Umarani R., Vanangamudi K. The effect of specific gravity separation on germination and biochemical potential of *Casuarina equisetifolia* seeds. *Journal of Tropical Forest Science*. 2002. P. 207—212.

9. Поздняков В. М., Зеленко С. А., Ермаков А. И. Повышение эффективности подготовки семенного материала на основе совершенствования конструкции сепаратора вибропневматического принципа действия. *Вестник БГСХА*. 2014. № 1. С. 163—167.

10. Pozdniakov V. M. et. al. The experimental research sorting canola on gravity separator's. *The journal of Almaty technological university*. 2017. No. 2. P. 76—83.

RESEARCH OF THE WATER ACTIVITY INDICATOR OF FERMENTED MILK PASTES

U. Kuzmyk, N. Yushchenko, O. Bass, I. Mukoliv

National University of Food Technologies

Key words:

*Fermented milk pastes
Activity indicator of water
Expiration date*

Article history:

Received 03.11.2020
Received in revised form
17.11.2020
Accepted 01.12.2020

Corresponding author:

U. Kuzmyk
E-mail:
ukuzmik@gmail.com

ABSTRACT

The water content in food and its activity are the most important indicators that affect the stability of products during storage. According to the magnitude of water activity, there are products with high humidity $A_w = 1.0 \dots 0.9$ (milk, liquid and pasty dairy products); products with intermediate activity $A_w = 0.9 \dots 0.6$ (cheeses); products with low activity $A_w = 0.6 \dots 0.0$ (dry dairy products). Processes caused by microorganisms can occur in products with intermediate and high humidity.

Previous research developed and scientifically substantiated recipes for fermented milk pastes with compositions of spices based on sour cream. In order to ensure constant quality indicators and justify the shelf life of fermented milk pastes, the water activity indicator was determined.

The study was carried out for fermented milk pastes for 15 days, with an interval of 2 days on the water activity analyzer «HygroLab 2» (Rotronic, Switzerland) at a temperature of 20°C in the measurement range 0...1 A_w (0...100% rh) on the basis of Problem scientific -experimental laboratory of NUFT.

It was found that the indicator of water activity in the developed fermented milk pastes with spices based on sour cream with a mass fraction of fat of 20% was 0.97. During 15 days of storage, the water activity indicator did not change significantly, which confirmed the stability of the properties of macromolecular compounds (starch, proteins, soluble fiber) during storage. According to the results of the study, it was found that the organoleptic properties of the samples of pastes did not change.

The active acidity was 4.5 units pH and decreased during storage by an average of 0.2 units pH, which can be explained by the presence of spices in phenolic compounds and essential oils which can inhibit microbiological and enzymatic processes during storage of products and thus prevent the deterioration of their properties.

The results of the research can be used to control the quality of fermented milk pastes in the technology of products with high humidity.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКА АКТИВНОСТІ ВОДИ ПАСТ КИСЛОМОЛОЧНИХ

У. Г. Кузьмик, Н. М. Ющенко, О. О. Басс, І. М. Миколів
Національний університет харчових технологій

Вміст води в харчових продуктах та її активність є найважливішими показниками, що впливають на стійкість продуктів під час зберігання. За величиною активності води розрізняють продукти з високою вологістю $A_w = 1,0 \dots 0,9$ (молоко, рідкі та пастоподібні молочні продукти); продукти з проміжною активністю $A_w = 0,9 \dots 0,6$ (сири); продукти з низькою активністю $A_w = 0,6 \dots 0,0$ (сухі молочні продукти). В продуктах з проміжною та високою вологістю можуть відбуватися процеси за участі мікроорганізмів.

Свого часу розроблено та науково обгрунтовано рецептури паст кисломолочних з композиціями прянощів на основі сметани. З метою забезпечення стабільних показників якості й обгрунтування термінів зберігання паст кисломолочних визначено показник активності води.

Дослідження здійснювали для паст кисломолочних протягом 15 діб, з інтервалом у 2 доби на аналізаторі активності води «HygroLab 2» (Rotronic, Швейцарія) за температури 20°C в діапазоні вимірювання $0 \dots 1 A_w$ ($0 \dots 100\% rh$) на базі Проблемної науково-дослідної лабораторії НУХТ.

Виявлено, що показник активності води в розроблених кисломолочних пастах з прянощами на основі сметани з масовою часткою жиру 20% становив 0,97. Протягом 15 діб зберігання показник активності води істотних змін не зазнавав, що підтверджує стабільність властивостей високомолекулярних сполук (крохмаль, білки, розчинна клітковина) під час зберігання. За результатами дослідження встановлено, що органолептичні властивості зразків паст змін не зазнавали.

Активна кислотність становила 4,5 од. рН і зменшувалась протягом зберігання в середньому на 0,2 од. рН, що можна пояснити наявністю в прянощах фенольних сполук та ефірних олій, здатних гальмувати мікробіологічні й ферментативні процеси під час зберігання продуктів і таким чином запобігати погіршенню їхніх властивостей.

Результати проведених досліджень можуть бути використанні для контролювання якості паст кисломолочних у технології продуктів з високою вологістю.

Ключові слова: *пасти кисломолочні, активність води, термін зберігання.*

Постановка проблеми. Кисломолочні продукти займають вагоме місце у раціоні харчування всіх верств населення завдяки високій харчовій цінності та дієтичним властивостям. Кисломолочні пасти, які входять до асортименту молочних продуктів, є джерелом легкозасвоюваного повноцінного молочного білка, вітамінів, мінеральних елементів тощо. Вони характеризуються в'язкою, пастоподібною консистенцією та призначені для безпосереднього вживання в їжу.

Проте на сьогодні асортиментний ряд кисломолочних паст в основному представлений десертними видами, які містять до 10% цукру. Використання прянощів у складі паст кисломолочних є перспективним завдяки високому вмісту біологічно активних та смако-ароматичних речовин. Крім того, прянощі виявляють

антимікробні та антиокислювальні властивості, тому спроможні стабілізувати показники якості харчових продуктів під час зберігання [1]. Прянощі для харчової промисловості мають відповідати таким вимогам: бути доступними для заготовок, не бути токсичними, мати приємні смакові та ароматичні властивості. В харчовій промисловості, зазвичай, використовують висушену рослинну сировину, що містить від 8% до 14% вологи [2; 3].

Зважаючи на вищезазначене, сформульовано основні положення актуальності дослідження: необхідність покращення структури харчування населення; доцільність удосконалення технології паст кисломолочних з прянощами; контроль якості та безпечності паст кисломолочних з прянощами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вміст вологи в харчових продуктах та її активність є найважливішими показниками, що впливають на стійкість продуктів під час зберігання. Активність води (A_w) — це співвідношення тиску пари води над продуктом до тиску пари над чистою водою при цій же температурі. Це співвідношення входить в основну термодинамічну формулу визначення енергії зв'язку вологи з матеріалом (рівняння Ребіндера) [4].

З літературних джерел відомо, що активність води суттєво впливає на характер перебігу ферментативних, мікробіологічних, хімічних і фізико-хімічних процесів. На сьогодні використання показника активності води є найбільш обґрунтованим у процесах зберігання харчових продуктів. Він тісно пов'язаний зі стабільністю харчових продуктів і строками зберігання [5].

У продуктах з високою вологістю значна частина води не пов'язана з компонентами продукту і знаходиться в межах від 0,9 до 1,0. У продуктах із середньою або проміжною вологістю значна частина води пов'язана з компонентами сухої речовини. У таких продуктах при зміні вмісту води спостерігаються більш значні зміни активності води продукту, що знаходиться в межах від 0,6 до 0,9. Найбільш істотні зміни активності води в межах від 0 до 0,6 відбуваються в продуктах з низькою вологістю, у яких майже вся вода перебуває у зв'язаному стані. При $A_w < 0,6$ у харчових продуктах мікроорганізми не розвиваються [6].

Варто зазначити, що існує загальна класифікація молочних продуктів за показником активності води, представлена в табл. 1.

Шляхом визначення максимальної, мінімальної й оптимальної величин активності води можна регулювати величину A_w і в такий спосіб впливати на наявну мікрофлору, пригнічуючи або цілеспрямовано використовуючи активність мікроорганізмів [7].

Таблиця 1. Класифікація молочних продуктів за показником активності води

| Клас продукту за станом вологи | Активність води, A_w | Молочні продукти |
|--------------------------------|------------------------|--|
| Продукти з високою вологістю | 1,0...0,9 | Молоко, рідкі та пастоподібні молочні продукти |
| Продукти з проміжною вологістю | 0,9...0,6 | Сири |
| Продукти з низькою вологістю | 0,6...0,0 | Сухі молочні продукти |

Мета дослідження: визначення показника активності води для забезпечення стабільних показників якості й обґрунтування термінів зберігання паст кисломолочних.

Матеріали і методи. Дослідження здійснювали в межах держбюджетної науково-дослідної роботи «Реалізації ресурсозберігаючих методів модифікації функціонально-технологічних характеристик молочної сироватки в технологіях харчових продуктів цільового призначення» (№ держреєстрації 0120U100868), Україна».

Дослідження активності води (A_w) здійснювали на аналізаторі активності води «HygroLab 2» (Rotronic, Швейцарія) на базі Проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій за температури 20°C в діапазоні вимірювання 0...1 A_w (0...100% rh).

Прилад «HygroLab 2», зображений на рис. 1, являє собою настільний лабораторний аналізатор вологості й температури з дисплеєм і клавішами управління.



Рис. 1. Лабораторний аналізатор «HygroLab 2»

Активну кислотність визначали потенціометрично на універсальному іонометрі. Органолептичну оцінку паст кисломолочних проводили методом описування відкритих дегустацій, використовуючи 30-бальну шкалу.

Результати і обговорення. Свого часу розроблені та науково обґрунтовані рецептури паст кисломолочних з композиціями прянощів на основі сметани (табл. 2) [8].

Таблиця 1. Класифікація молочних продуктів за показником активності води

| Сировина | Рецептура, № | | | | |
|--|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Сметана, МЧЖ 20,0% | 989,5 | 989,8 | 988,3 | 988,0 | 988,0 |
| Сіль кухонна харчова, МЧСР 99,0% | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Композиції | | | | | |
| Духмяний перець:імбир:кориця=1:1:1 | 4,5 | — | — | — | — |
| Гвоздика:духмяний перець:імбир=0,8:1:1 | — | 4,2 | — | — | — |
| Аніс:гвоздика:імбир:чорний перець=1:0,8:1:1 | — | — | 5,7 | — | — |
| Духмяний перець:імбир:кардамон: пажитнік=1:1:0,8:1,2 | — | — | — | 6,0 | — |
| Аніс:імбир:мускатний горіх:чорний перець=1:1:1:1 | — | — | — | — | 6,0 |
| Всього | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 |

Дослідження здійснювали для паст кисломолочних протягом 15 діб. Виявлено, що показник активності води в розроблених кисломолочних пастах з прянощами на основі сметани з масовою часткою жиру 20% становив 0,97, що знаходиться в межах для продуктів з високою вологістю (табл. 3).

Таблиця 3. Показник активності води ($n=3$, $P \geq 0,95$)

| Зразок | Активність води, A_w | |
|--------------|--|---|
| | Кисломолочні паста свіжовироблені на основі сметани, МЧЖ 20% | Кисломолочні паста на 15-й день зберігання на основі сметани, МЧЖ 20% |
| Рецептура, № | | |
| 1 | 0,97 | 0,97 |
| 2 | 0,97 | 0,97 |
| 3 | 0,97 | 0,97 |
| 4 | 0,97 | 0,97 |
| 5 | 0,97 | 0,97 |

Протягом 15 діб досліджень зберігання показник активності води істотних змін не зазнавав, що підтверджує стабільність властивостей високомолекулярних сполук (крохмаль, білки, розчина клітковина) під час зберігання.

За результатами дослідження встановлено, що органолептичні властивості зразків паст змін не зазнавали. Характеристика наведена в табл. 4.

Таблиця 4. Органолептична оцінка паст кисломолочних з прянощами

| Назва показника | Характеристика паст кисломолочних |
|-----------------|--|
| Смак і запах | Характерні кисломолочні, смак у міру солоний, з приємним присмаком та ароматом внесених прянощів: у зразках з композицією № 1 — з приємним ароматом кориці; № 2 — відчутним присмаком та ароматом гвоздики; № 3 — гармонійним присмаком і пряно-солодкуватим ароматом гвоздики та анісу; № 4 — вираженим, з лимонним відтінком ароматом кардамону, та пряно-гіркуватим присмаком; № 5 — вираженим смаком та запахом анісу і характерним присмаком мускатного горіха |
| Колір | Білий, з кремовим відтінком або обумовлений кольором введених композицій прянощів |
| Консистенція | Однорідна маса, густа, з наявністю частинок внесених прянощів |

Показник активної кислотності діє в комбінації з активністю води на терміни зберігання харчових продуктів. Досліджено показник активної кислотності кисломолочних паст з прянощами під час зберігання. Дослідження проводили протягом 15 діб (рис. 2).

За результатами дослідження встановлено, що активна кислотність зменшувалась протягом зберігання в середньому на 0,2 од. рН. Це можна пояснити наявністю у прянощах фенольних сполук та ефірних олій, здатних гальмувати мікробіологічні й ферментативні процеси під час зберігання продуктів і таким чином запобігати погіршенню їхніх властивостей.

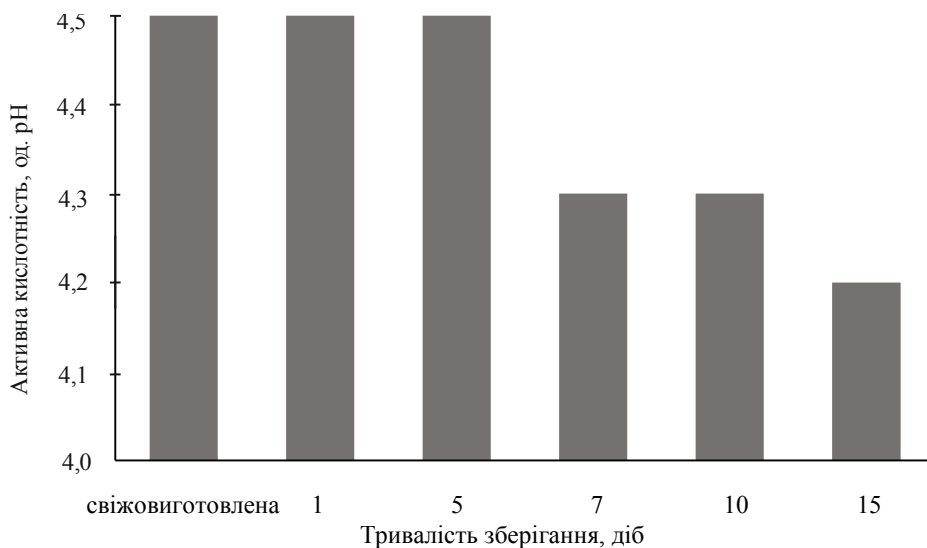


Рис. 2. Активна кислотність паст кисломолочних

Висновки

З метою підтвердження ефективності розроблених композицій прянощів для паст кисломолочних і прогнозування здатності до зберігання було досліджено показник активності води. Показник активності води істотних змін не зазнавав, знаходився в межах похибки, що підтверджує стабільність властивостей високомолекулярних сполук (крохмаль, білки, розчинна клітковина) під час зберігання.

При зниженні активності води підвищується енергія зв'язку в матеріалі і, як правило, зменшується можливість мікроорганізмів використовувати вологу для метаболізму, знижується швидкість більшості хімічних реакцій, що відповідають за псування кисломолочних продуктів.

Результати проведених досліджень можуть бути використанні для контролювання якості паст кисломолочних у технології продуктів з високою вологістю.

Література

1. Тетеріна С. М., Ющенко Н. М., Кузьмик У. Г. Використання натуральної пряноароматичної сировини для запобігання мікробіологічного псування кисломолочних продуктів. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2015. № 4/10. С. 45—49.
2. Павлюк Р. Ю., Погарська В. В., Радченко Л. О. Розробка технології наноекстрактів та нанопорошків із прянощів для оздоровчих продуктів. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2015. № 3/10. С. 54—59.
3. Pahu R., Hdidar C., Lenucci M. Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high lycopene tomato cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011. № 4—5. С. 588—595.
4. Шевченко І. І., Крижова Ю. П. Активність води як показник якості і безпечності м'ясних продуктів. *Мясной бизнес*. 2018. № 5. С. 32—36.
5. Бендерська О. В., Левківська Т. М., Бессараб О. С. Технологічні аспекти показника активності води та його вплив на якість томатних соусів. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2018. № 10(2). С. 11—14.

6. Сукманов В. А. Активность воды как фактор микробиологической активности в сливочном масле, обработанным высоким циклическим давлением. *Scientific works of UFT. Volum LIX “Food science, engineering and technologies”*, University of food technologies. Plovdiv, 2012. С. 409—415.

7. Пасічний В. М. Харчова цінність та функціонально-технологічні характеристики тваринної і рослинної сировини, що визначають якість м'ясо продуктів. *М'ясний бізнес*. 2009. № 5. С. 82—84.

8. Goots V., Yushchenko N., Kuzmyk U. Development of mathematic model of spiced sour-milk pastas quality. *Food and Environment Safety*. 2018. № 2. P. 224—232.

ENRICHMENT OF JELLY MARMALADE BY CALCIUM, WITH THE USE OF MILK TO GIVE THE STATUS OF A FUNCTIONAL FOOD PRODUCT

O. Lysenko, S. Gyruch

Vinnitsia Institute of Trade and Economics of KNTU

Yu. Bondarenko, O. Bilyk

National University of Food Technologies

Key words:

*Marmalade,
Carrageenane,
Calcium,
Sugar substitutes,
Functional food,
Springy deformation,
Total deformation*

Article history:

Received 12.11.2020
Received in revised form
25.11.2020
Accepted 10.12.2020

Corresponding author:

O. Bilyk
E-mail:
bilyklena@gmail.com

ABSTRACT

The article reflects the effect of calcium ions on the properties of kappa and iota carrageenans, which indicates the feasibility of enriching marmalade by this element. Calcium is (with phosphorus) the basis of bone tissue and teeth, it is part of the nuclei of cells, cellular and tissue fluids, it activates a number of important enzymes, participates in maintaining ionic balance in the body, affects the processes occurring in the nervous system, cardiovascular system, provides the process of blood clotting, participates in the transmission of nerve impulses, the transmission of signals across the cell membrane, muscle contraction, the activity of the heart muscle. Thus, calcium performs not only plastic functions, but also affects many biochemical and physiological processes in the body. The positive effect of calcium on the human body was described, the daily need for its use was given. The amount of calcium absorbed by the body was indicated. A set of studies to determine the rational dosage of dairy products in the formulation of jelly marmalade on carrageenan and various sugar substitutes of a functional food product was conducted. The dry matter content of milk was determined by adjusting the dry matter of sugar or sugar substitute. Marmalade mass was boiled to a dry matter content of 80%. It was found that in case of the addition of milk, the total deformation decreased, compared to the recipe on the water.

Boiled marmalade mass was put into molds, after 24 hours there were determined organoleptic and structural-mechanical parameters. The obtained data indicated, that the use of milk in the production of jelly marmalade on pectin deteriorated the structural-mechanical properties, prevented the conversion of pectin sol into gel. It should be noted, that marmalade made from milk, lost its chewing effect and became similar to marmalade made from pectin. The value of total deformation of marmalade on carrageenan with the change of water to whole milk decreased for sugar by 50%, for lactitol — by 49%, for fructose — by 37%, for mixture of lactitol and fructose — by 47%.

ЗБАГАЧЕННЯ ЖЕЛЕЙНОГО МАРМЕЛАДУ КАЛЬЦІЄМ ЗАВДЯКИ ВИКОРИСТАННЮ МОЛОКА З МЕТОЮ НАДАННЯ СТАТУСУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХАРЧОВОГО ПРОДУКТУ

О. Л. Лисенко, С. В. Гирич

Вінницький торговельно-економічний інститут КНТУ

Ю. В. Бондаренко, О. А. Білик

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено можливість використання молока в технології желейного мармеладу та його впливу на перебіг технологічного процесу і якість виробів. Для людини молоко коров'яче є джерелом кальцію в легкозасвоюваній формі. Використання молока в технології мармеладу на пектині і карагенані завдяки вмісту в ньому кальцію, лактози, білка та жиру здійснює суттєвий вплив на формування як органолептичних, так і структурно-механічних властивостей виробу.

Проведено комплекс досліджень для визначення раціонального дозування молока (нативного та сухого) в рецептурі желейного мармеладу на пектині або карагенані та цукрозамінниках (лактитолі, фруктозі) для забезпечення йому статусу функціонального харчового продукту.

З метою використання молока у виробництві мармеладу в найбільшій кількості запропоновано розчинення пектину і карагенану проводити не у воді, а в молоці нативному або сухому, відновленому водою до вмісту сухих речовин нативного молока. Встановлено, що за використання молока загальна деформація мармеладу на карагенані порівняно з рецептурою на воді зменшилася. Значення загальної деформації мармеладу на карагенані із зміною води на цільне молоко зменшилася для цукру на 50%, для лактитолу — на 49%, фруктози — на 37%, суміші лактитолу і фруктози — на 47%. Слід зазначити, що мармелад, виготовлений на молоці, втрачає жувальний ефект і стає схожим на мармелад, виготовлений на пектині.

Проведені дослідження показали можливість зменшення вдвічі дозування карагенану в мармеладі, виготовленому на молоці. Проте, враховуючи особливості різних видів карагенанів та іншої сировини, що використовується за рецептурою, а також особливості виробничого обладнання та перебіг технологічного процесу, рекомендовано в рецептурах мармеладу на молоці зменшувати дозування карагенану на 25%.

Ключові слова: мармелад, карагенан, кальцій, цукрозамінники, функціональний харчовий продукт, пружна деформація, загальна деформація.

Постановка проблеми. Відомо, що іони кальцію суттєво впливають на властивості каппа- та йота-карагенану, що свідчить про доцільність збагачення мармеладу кальцієм, тому є потреба у більш детальному розгляді властивостей кальцію.

Кальцій (з лат. *Calcium* — Ca) — хімічний елемент, який належить до лужноземельних металів.

Кальцій складає (разом з фосфором) основу кісткової тканини і зубів, входить до складу ядер клітин, клітинних і тканинних рідин, активізує діяльність ряду важливих ферментів, бере участь в підтримці йонної рівноваги в організмі, впливає на процеси, що відбуваються в нервово-м'язовій і серцево-судинній системах, забезпечує процес згортання крові; бере участь у передачі нервових імпульсів, передачі сигналів через клітинну мембрану, скороченні м'язів, діяльності м'яза серця. Тобто кальцій виконує не тільки пластичні функції, але й впливає на перебіг біохімічних і фізіологічних процесів в організмі.

Кальцій відноситься до важкозасвоюваних елементів. Потрапляючи в організм людини з їжею, сполуки кальцію практично нерозчинні у воді. Лужне середовище тонкого кишківника сприяє утворенню важкозасвоюваних сполук кальцію, і лише дія жовчних кислот забезпечує його всмоктування.

При недостатньому споживанні кальцію або порушенні його всмоктування у дорослих розвивається остеопороз — демінералізація кісткової тканини, у дітей порушується становлення скелета, розвивається рахіт.

Організм людини постійно потребує певної кількості кальцію, яка коливається протягом життя. Під час активного росту, коли інтенсивно розвивається кісткова тканина, збільшується кількість кальцію. Необхідність у кальції для підтримання структури кісткової тканини знижується в людей середнього віку. Значно більше кальцію необхідно людині при патологічних станах, під час менопаузи, в період вагітності, під час застосування деяких лікарських засобів [1].

Кальцій потрапляє до організму з їжею. З усієї кількості кальцію, що надходить до організму з їжею, засвоюється лише 25...35% у дорослих та до 70% у дітей. Всмоктування кальцію підвищується в періоди високої потреби організму в кальції або при низькому вмісті кальцію в раціоні. В табл. 1 наведено добові норми споживання кальцію.

Таблиця 1. Добові норми споживання кальцію, рекомендовані Всесвітньою організацією охорони здоров'я

| Категорія населення | Добова потреба, мг |
|-------------------------------------|--------------------|
| Діти до 3 років | 600 |
| Діти від 4 до 10 років | 800 |
| Діти від 10 до 13 років | 1000 |
| Підлітки від 13 до 16 років | 1200 |
| Молодь від 16 років і старше | 1000 |
| Дорослі від 25 до 50 років | 800—1200 |
| Вагітні та жінки, що годують груддю | 1500—2000 |

Організм людини самостійно підтримує баланс кальцію — величину, необхідну для нормальної життєдіяльності. Щоденно, внаслідок кальцієвого обміну, близько 0,4 г кальцію надходить в організм і стільки ж виводиться.

Важливе значення має не лише вміст окремих мікроелементів, але й їхнє співвідношення. Форма, в якій вноситься той чи інший мікронутрієнт, повинна мати добру засвоюваність. Кальцій у значній кількості входить до складу молока в легкозасвоюваному вигляді.

Молоко є нетрадиційною сировиною у виробництві желейного мармеладу, збагачує його Са і надає функціональних властивостей. Використання молока та молокопродуктів є перспективним напрямком збагачення мармеладу кальцієм. За хімічним складом молоко цільне та сухе містить лактозу, білок, жир, які безумовно впливатимуть як на органолептичні, так і на структурно-механічні властивості мармеладу на пектині й карагенані [2—6].

Встановлення раціональної кількості молочних продуктів у рецептурі желейного мармеладу на пектині, карагенані та різних цукрозамінниках, для надання йому статусу «функціональний харчовий продукт» потребує проведення комплексу досліджень [7].

Найбільш популярними продуктом нашого молочного раціону є коров'яче молоко. За складом воно найбільш близьке до жіночого молока, але містить утричі більше амінокислот. Молоко коров'яче — повноцінний і корисний напій, який і зараз видають працівникам шкідливих виробництв.

Хімічний склад молока змінюється протягом лактації, а також залежить від породи, віку, умов годівлі, утримання, кліматичних умов, індивідуальних особливостей корови, техніки доїння. Калорійність молока на 1 л становить 685 кКал. При цьому молоко на 88,35% складається з води, на 3,2% — з білків, 3,25% — жирів, 4,9% — лактози і на 0,8% — з мінеральних речовин. Жир молока засвоюється організмом людини на 96...97%. До його складу входить більше 20 жирних кислот, в тому числі й незамінні. Вуглеводи в молоці представлені молочним цукром — лактозою, яка добре засвоюється організмом, надає молоку солодкуватого смаку. Саме тому, на нашу думку, доцільно розробити рецептуру мармеладу з додавання молока нативного й сухого, відновленого водою до СР нативного молока.

Метою дослідження є визначення доцільності використання молока у технології желейного мармеладу задля збагачення його фізіологічно активними речовинами та встановлення впливу цієї сировини на перебіг технологічного процесу і якість виробів.

Матеріали і методи. Під час проведення досліджень і виробничих випробувань використовували такі види сировини: цукор білий кристалічний — згідно з ДСТУ 4623:2006, крохмаль кукурудзяний сухий — згідно з ДСТУ 3976-2000, цукрозамінники лактитол (фірма PURAC, Нідерланди), фруктоза (фірма Archer Daniels Midland Company, США) — згідно із сертифікатом відповідності санітарному законодавству України, молоко сухе знежирене — згідно з чинним нормативним документом, патока крохмальна — згідно з ДСТУ 4498:2005, драглетуворювачі — згідно з чинною нормативною документацією.

Структурно-механічні властивості мармеладу досліджували за допомогою пенетрометра АП-4/2. За результатами досліджень було розраховано такі показники: загальна, пластична і пружна деформації. Граничну напругу зсуву визначали, використовуючи конусоподібну насадку з кутом у вершині 30°. Реологічні характеристики визначали за допомогою модифікованих ваг Карагіна-Сологової. Структурно-механічні характеристики визначали на структурометрі ТА.ХТ.Express. При дії постійного навантаження, через певні проміжки часу, встановлювали величину деформації зразків, результати вимірювань відображались на моніторі комп'ютера у вигляді графіка.

Результати і обговорення. З метою використання молока в найбільшій кількості при виробництві мармеладу запропоновано розчинення пектину й карагенану проводити не у воді, а в молоці нативному або сухому, відновленому водою до вмісту сухих речовин нативного молока. Вміст сухих речовин молока визначали шляхом корегування із сухими речовинами цукру або цукрозамінника. Мармеладну масу готували за рецептурами, наведеними в табл. 2. Мармеладну масу уварювали до вмісту сухих речовин 80%.

Таблиця 2. Робоча рецептура желевної мармеладної маси

| Назва сировини | Вміст СР, % | Мармелад на воді | | Мармелад на нативному молоці | | Мармелад на сухому нативному молоці | | Мармелад на сухому знежиреному молоці | |
|--------------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|
| | | в нат. | в СР | в нат. | в СР | в нат. | в СР | в нат. | в СР |
| Пектин/ карагенан | 90/90 | 2,4/ 4,05 | 1,89/ 3,65 | 2,4/ 4,05 | 1,89/ 3,65 | 2,4/ 4,05 | 1,89/ 3,65 | 2,4/ 4,05 | 1,89/ 3,65 |
| Цукор білий кристалічний | | 100/ 100 | 99,85/ 99,85 | —/ 81,63 | —/ 81,50 | —/ 81,63 | —/ 81,50 | —/ 81,63 | —/ 81,0 |
| Лактитол | 95,00 | 105,1/ 105,1 | 99,85/ 99,85 | —/ 85,8 | —/ 81,50 | —/ 85,8 | —/ 81,5 | —/ 85,8 | —/ 81,5 |
| Фруктоза | 98,00 | 101,9/ 101,9 | 99,85/ 99,85 | —/ 83,2 | —/ 81,5 | —/ 83,2 | —/ 81,5 | —/ 83,2 | —/ 81,5 |
| Патока | 78,00 | 25/ 20 | 19,5/ 15,6 | 25/ 20 | 19,5/ 15,6 | 25/ 20 | 19,5/ 15,6 | 25/ 20 | 19,5/ 15,6 |
| Лимонна кислота | 80,00 | 1,8/ 1,35 | 1,44/ 1,08 | 1,8/ 1,35 | 1,44/ 1,08 | 1,8/ 1,35 | 1,44/ 1,08 | 1,8/ 1,35 | 1,44/ 1,08 |
| Молоко нативне | 11,00 | — | — | —/ 167,02 | —/ 183,72 | — | — | — | — |
| Молоко сухе незбиране | 96,00 | — | — | — | — | —/ 19,13 | —/ 18,36 | — | — |
| Молоко сухе знежирене | 96,00 | — | — | — | — | — | — | —/ 19,13 | —/ 18,36 |

Примітка: у чисельнику значення для пектину, у знаменнику — для карагенану.

Уварену мармеладну масу відливали у форми і після 24 год вистоювання визначали органолептичні й структурно-механічні показники. Отримані дані свідчать про те, що використання молока у виробництві желевної мармеладної маси пектині погіршує структурно-механічні властивості, тобто запобігає перетворенню пектинової золю в гель. На перехід золю мармеладної маси пектину в гель, імовірно, впливає взаємодія гідроксильних і карбоксильних груп пектину з кальцієм і калієм, що входить до складу молока, і, можливо, здатність білкової молекули молока адсорбуватися на водних оболонках, які покривають пектинові молекули і такими чином запобігають агрегуванню пектинових молекул. У разі використання молока у виробництві мармеладної маси на карагенані структура драглів зміцнюється, проте драгли втрачають жувальний ефект і за консистенцією нагадують драгли на пектині.

У дослідженнях використовували каппа- і йота-карагенан у кількості 2,7% та 1,35% маси рецептурного цукру або цукрозамінника. Відомо, що взаємодія каппа-карагенану з білками молока сприяє утворенню крихкого гелю, а взаємодія йота-карагенану — сприяє утворенню еластичного гелю.

Відповідно до отриманого нами рівняння регресії $Y = 31,5 - 5,5X_1 + 0,5X_2$ встановлено, що каппа-карагенан в 11 разів сильніше впливає на формування структури гелю, ніж йота-карагенан. Така ж закономірність відзначена і в разі використання в рецептурі мармеладу молока. Внаслідок того, що вплив каппа-карагенану на формування структури гелю набагато більший, ніж йота, гель утворюється крихкий. Міцність гелю каппа-карагенану з іонами калію збільшується, а міцність гелю на йота-карагенані збільшується при взаємодії з іонами кальцію. До складу нативного молока входять кальцій і калій в кількості, відповідно, 120 і 146 мг/100 г, до складу сухого молока, відповідно, 1200 та 1000 мг/100 г. Наявність кальцію і калію в молоці сприяє зміцненню драглів на карагенані.

У табл. 3 наведені результати досліджень впливу молока нативного, сухого незбираного, сухого знежиреного на структурно-механічні характеристики увареної мармеладної маси, яка виготовлена на цукрі.

Аналіз отриманих даних показав, що молоко впливає на структуру желейного мармеладу на карагенані. Так, загальна деформація мармеладу на молоці порівняно із загальною деформацією мармеладу на воді зменшилася, тобто структура мармеладу зміцнилась: на нативному молоці — на 50%, на сухому молоці — на 42%, на сухому знежиреному молоці — на 40%. Однак слід відзначити, що мармелад, виготовлений на молоці, втрачає жувальний ефект, стає схожим на мармелад, виготовлений на пектині.

Таблиця 3. Структурно-механічні показники мармеладу на молоці

| Показники | Мармелад на воді | Мармелад на цільному молоці | Мармелад на сухому молоці | Мармелад на сухому знежиреному молоці |
|--|------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| ΔH_1 (сфера з вантажем) — загальна деформація, од. пр. | 40 | 20 | 23 | 24 |
| ΔH_2 (сфера без вантажу) — пластична деформація, од. пр. | 24 | 15 | 17 | 18 |
| Пружна деформація, од. пр. | 16 | 5 | 6 | 6 |

Це пояснюється тим, що мармелад, виготовлений на молоці нативному і сухому, має пружну деформацію 25 % від загальної деформації і пластичну 75%, в той час як у мармеладі і, виготовленому на воді, пружна деформація складає 40%, пластична — 60%.

Мармелад, виготовлений з використанням молока, втрачає жувальний ефект і набуває нових властивостей — стає більш міцним і має приємний молочний смак, запах і колір. Тому вважаємо за доцільне виробляти желейний мармелад на карагенані, відновленому як водою, так і молоком нативним та сухим.

Зміцнення драглів з використанням молока пояснюється наявністю негативно заряджених сульфатних груп у молекулах карагенану і здатністю їх до комплексоутворення з казеїновими міцелами молока. Крім того, іони кальцію та калію, які містяться в молоці у великій кількості, формують містки з молекулами карагенану. Ці взаємодії в поєднанні з водопоглинальною здатністю синергетично збільшують міцність гелю вдвічі, тобто одна й та ж міцність гелю досягається в молочній системі при концентрації карагенану вдвічі меншій, ніж у водному середовищі.

Кожен виробник прагне зменшити собівартість продукції, але при цьому не погіршити її якість. Попередній дослід показав, що використання молока збільшує міцність драглів удвічі. Це надає можливість зменшити кількість карагенану у виробництві мармеладу, який має досить високу ціну. І тому наступним етапом нашого дослідження було встановлення можливості зменшення кількості карагенану у виробництві желейного мармеладу. Завдання полягало в тому, щоб отримати мармелад, міцність якого відповідала б міцності мармеладу на воді. Оскільки більшість підприємств використовує сухе молоко, то були виготовлені та досліджені зразки мармеладу на молоці сухому, відновленому водою, з додаванням зменшеного вмісту карагенану на 25, 50, 75% від його загальної кількості.

Результати досліджень, наведені в табл. 4, свідчать, що зі зменшенням вмісту карагенану загальна деформація збільшується, тобто структура мармеладу послаблюється. Близьким до міцності мармеладу на воді (40 од. пр.) є мармелад на молоці зі зменшеним вмістом карагенану на 50%, міцність якого складає 36 од. пр. Проведені обрахунки показали, що пластична та пружна деформації цього зразка, відповідно, становлять 64 та 36%, що дуже близько до показників пружної та пластичної деформації мармеладу на воді — 60 та 40%.

Таблиця 4. Структурно-механічні показники мармеладної маси на сухому молоці та зі зменшеною кількістю карагенану

| Показники | 100% карагенану на воді | 100% карагенану на молоці | Зменшення вмісту карагенану (на молоці) | | |
|--|-------------------------|---------------------------|---|--------|--------|
| | | | на 25% | на 50% | на 75% |
| ΔH_1 (сфера з вантажем) — загальна деформація, од. пр. | 40 | 23 | 28 | 36 | 49 |
| ΔH_2 (сфера без вантажу) — пластична деформація, од. пр. | 26 | 17 | 21 | 25 | 34 |
| Пружна деформація, од. пр. | 16 | 6 | 7 | 11 | 15 |

Наступним етапом досліджень було визначення впливу НМ (нативного молока), СНМ (сухого нативного молока), СЗМ (сухого знежиреного молока) на структурно-механічні властивості мармеладу, виготовленого на лактитолі, фруктозі, суміші лактитолу і фруктози, цукрі (контроль) — на воді і молоці. Результати проведених досліджень наведені в табл. 5.

Таблиця 5. Структурно-механічні показники мармеладу з додаванням молока

| Показники | Мармелад на цукрі (контроль) | | Мармелад на лактитолі | | Мармелад на фруктозі | | Мармелад на лактитолі і фруктозі (1:1) | |
|--|------------------------------|-----------|-----------------------|-----------|----------------------|-----------|--|-----------|
| | на воді | на молоці | на воді | на молоці | на воді | на молоці | на воді | на молоці |
| ΔH_1 (сфера з вантажем) — загальна деформація, од. пр. | 40 | 23 | 66 | 27 | 79 | 42 | 69 | 30 |
| ΔH_2 (сфера без вантажу) — пластична деформація, од. пр. | 26 | 17 | 35 | 16 | 46 | 24 | 40 | 18 |
| Пружна деформація, од. пр. | 16 | 6 | 31 | 11 | 33 | 18 | 29 | 12 |

Аналіз отриманих даних показав, що молоко впливає на зміцнення структури мармеладу як на цукрі, так і на цукрозамінниках. Так, загальна деформація мармеладу на карагенані із заміною води на нативне молоко зменшилася на цукрі на 50%, на лактитолі — на 49%, на фруктозі на — 37%, суміші лактитолу і фруктози — на 47%.

Пружна деформація мармеладу на карагенані із заміною води на молоко менша за пластичну деформацію мармеладу на карагенані та воді для цукру на 64%, для лактитолу — на 65%, фруктози — на 45%, суміші лактитолу і фруктози — на 59%.

На структурометрі TA.XT.Express проведено дослідження залежності деформації мармеладної маси від тривалості дії (секунди) постійного зусилля 4,7 Н. Аналіз отриманих даних підтвердив, що деформація драглів залежить від виду цукрозамінників. Встановлено, що найбільш міцні драгли на цукрі, найслабші — на фруктозі. Порівнюючи з такими ж зразками на воді, бачимо, що міцність драглів на молоці збільшується в середньому на 40%, тобто практично вдвічі. У табл. 6 наведено фіксовані піки деформації драглів на карагенані та молоці з використанням різних цукрозамінників.

Таблиця 6. Фіксовані піки деформації драглів з використанням різних цукрозамінників

| Фіксовані піки | Цукрозамінники | | | |
|----------------|----------------|----------|----------|----------------------------|
| | цукор | фруктоза | лактитол | суміш лактитолу і фруктози |
| 1 | 2,469 | 4,007 | 3,105 | 3,332 |
| 2 | 2,573 | 4,132 | 3,210 | 3,450 |
| 3 | 2,667 | 4,242 | 3,360 | 3,546 |
| 4 | 2,779 | 4,377 | 3,451 | 3,661 |
| 5 | 2,851 | 4,461 | 3,547 | 3,767 |

Проведено математичне оброблення результатів даних, яке показало залежність деформації мармеладу, виготовленого на молоці та різних цукрозамінниках, від постійної дії навантаження:

- мармелад на цукрі — $Y = 2,41 + 0,0235 \ln(x)$;
- мармелад на фруктозі — $Y = 3,974 + 0,281 \ln(x)$;
- мармелад на суміші лактитолу й фруктози — $Y = 3,300 + 0,262 \ln(x)$;
- мармелад на лактитолі — $Y = 3,071 + 0,275 \ln(x)$.

Зміцнення драглів з використанням молока пояснюється наявністю негативно заряджених сульфатних груп у молекулах карагенану і здатністю до комплексоутворення з казеїновими міцелами молока.

Карагенан, що застосовували в дослідженнях, являє собою суміш κ - і ι -карагенанів: каппа-карагенан з іонами калію проявляє сильне желювання і утворює міцну, але крихку структуру зі здатністю до синерезису; йота-карагенан сильно желює з іонами кальцію, утворює еластичну, зв'язану структуру драглів, яка не схильна до синерезису.

Значення загальної деформації мармеладу на карагенані із заміною води на цільне молоко порівняно із загальною деформацією мармеладу на карагенані та воді зменшилася для цукру на 50%, для лактитолу — на 49%, фруктози — на 37%, суміші лактитолу і фруктози — на 47%.

Висновки

Проведені дослідження показали можливість зменшення дозування карагенану в мармеладі у разі використання молока вдвічі, проте враховуючи особливості кожного виду карагенану та іншої сировини, що використовується згідно з рецептурою, а також особливості виробничого обладнання та перебіг технологічного процесу, рекомендовано в рецептурах мармеладу на молоці зменшувати дозування карагенану на 25%.

Література

1. Полумбрик М. О., Омельченко Х. В., Антонюк О. В. Молоко як джерело заліза, зв'язаного білками. *Нові ідеї в харчовій науці — нові продукти харчовій промисловості: міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій*, 13—17 жовтня 2014 р. К.: НУХТ, 2014. С. 313.
2. Дорохович А. М. Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі та їх використання при виробництві кондитерських виробів. *Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі: матеріали міжнародної науково-практичної конференції*. К.: НУХТ, 2017. С. 103—110.
3. Vega C., Dalgleish D., Goff H. Effect of κ -carrageenan addition to dairy emulsions containing sodium caseinate and locust bean gum. (Department of Food Science, University of Guelph, Guelph ON N1G2W1, Canada). *Food Hydrocolloids*. 2005. V. 19, № 2. P. 187—195.
4. Камбулова Ю. В., Соколовская И. А. Влияние комплексов пектина и альгината натрия на структурообразование белковых кремов. *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* 2014. № 9(10). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1613>.
5. Звягінцева-Семенець Ю. П., Можарівська С. В., Камбулова Ю. В. Рентгеноскопічні дослідження кремів із збитих вершків з різними видами цукрі. *Наукові праці НУХТ*. 2020. Т. 26, № 1. С. 154—164.
6. Physicochemical aspects of iron binding in milk / Raouche et al. San Diego: BMC Genomics, 2011. 259 p.
7. Шарафетдинов Х. Х., Плотникова О. А., Назарова А. М., Кондратьева О. В. Специализированные пищевые продукты с модифицированным углеводным профилем в коррекции метаболических нарушений при сахарном диабете 2 типа. *Вопросы питания*. 2017. Т. 86, № 6. С. 56—66.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE POSSIBLE TOXICITY OF ETHYL STEARATE UNDER CONDITIONS OF ITS USE AS A FOOD PRODUCT

K. Havriushenko, F. Gladkiy

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”

T. Gorbach

Kharkiv National Medical University

Key words:

Ethyl esters of fatty acids

Stearic acid

Ethanol

Rats

Low-density lipoproteins

TBA-active products

Article history:

Received 05.11.2020

Received in revised form
18.11.2020

Accepted 03.12.2020

Corresponding author:

K. Havriushenko

E-mail:

katealefarova@gmail.com

ABSTRACT

The article shows the fundamental possibility of using in the manufacture of food fatty acids, “carrier” of which is a monohydric alcohol — ethanol. Stearic acid in the form of ethyl esters has a number of unique physicochemical properties (high hardness, low melting point, etc.), which is extremely valuable in the field of food technologies, and from a physiological point of view, according to the World Health Organization, it has advantages among other saturated acids (lauric, palmitic, myristic) in terms of the level of formation of low-density lipoproteins in human blood plasma.

The aim of the study was to experimentally evaluate the effect of ethyl stearate on lipid metabolism and the level of intoxication in the body when used as a food product. The study was performed on the basis of Kharkiv National Medical University. 3-month-old male WAG rats were used in the experiment. They were divided into two groups (experimental and control), each group included 10 animals. To test the effect of ethyl stearate on lipid metabolism and the level of intoxication in the organism, the experimental group of animals was fed for a month providing a diet in which 30% of the daily requirement of lipids was replaced by the test product, and the control group was fed providing a standard diet. At the end of the experiment, the animals were decapitated and biological material (blood and liver) was selected to determine the fractional composition of lipids in liver homogenates, serum lipid spectrum, integrated intoxication index and lipid peroxidation — antioxidant system (POL-AO). The main results of the experiment indicated the absence of toxic load and disorders of lipid metabolism in case when fatty acids, “carrier” of which was ethanol, were used as a food product.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА МОЖЛИВОЇ ТОКСИЧНОСТІ ЕТИЛСТЕАРАТУ ЗА УМОВ ВИКОРИСТАННЯ ЙОГО ЯК ХАРЧОВОГО ПРОДУКТУ

К. О. Гаврюшенко, Ф. Ф. Гладкий

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Т. В. Горбач

Харківський національний медичний університет

У статті показана принципова можливість використання при виготовленні продуктів харчування жирних кислот, «носієм» яких є одноатомний спирт етанол. Стеаринова кислота у формі етилових ефірів має ряд унікальних фізико-хімічних властивостей (висока твердість, низька температура плавлення тощо), що є надзвичайно цінним у галузі харчових технологій, а з фізіологічної точки зору, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, вона має переваги перед іншими насиченими кислотами (лауриною, пальмітиною, міристиною), зважаючи на рівень утворення ліпопротеїнів низької щільності в плазмі крові людини.

Проведено експериментальну оцінку впливу етилстеарату на ліпідний обмін і рівень інтоксикації в організмі за умов використання його як харчового продукту. Дослідження виконано на базі Харківського національного медичного університету. В експерименті використовували 3-місячних щурів-самців популяції WAG, що були розділені на дві групи (експериментальна та контрольна), чисельністю по 10 особин у кожній. Для перевірки впливу етилстеарату на ліпідний обмін і рівень інтоксикації в організмі експериментальна група тварин харчувалась протягом місяця за раціоном, у якому 30% від добової потреби в ліпідах було замінено на досліджуваний продукт, а контрольна — за стандартним раціоном. Після закінчення експерименту тварин було декапітовано та виділено біологічний матеріал (кров та печінка) для визначення фракційного складу ліпідів у гомогенатах печінки, ліпідного спектра сироватки крові, інтегрального індексу інтоксикації та показників пероксидного окиснення ліпідів-антиоксидантної системи (ПОЛ-АОС). Основні результати експерименту свідчать про відсутність токсичного навантаження та порушень у ліпідному обміні при застосуванні як харчового продукту жирних кислот, «носієм» яких є етанол.

Ключові слова: етилові ефіри жирних кислот, стеаринова кислота, етанол, щури, ліпопротеїни низької щільності, ТБК-активні продукти.

Постановка проблеми. Вперше запропоновано використовувати як альтернативу природних і модифікованих жирів етилові ефіри жирних кислот. Частина або повна заміна триацилгліцеринів на етилові ефіри дасть змогу спростити багато технологічних завдань харчової промисловості, зокрема уникнути жирового посивіння кондитерських виробів, виготовлених на основі масла какао, створити нові види корисних і безпечних харчових продуктів, а також вирішити проблему

одержання твердих модифікованих жирів без утворення трансізомерів жирних кислот і без використання тропічних олій [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Природні та модифіковані жири являють собою жирні кислоти (ЖК), з'єднані складноєфірним зв'язком з гліцерином — триацилгліцерини (ТАГ). Вони є джерелом енергії та води в організмі людини. [3]

З огляду на будову цих молекул, своєрідним «носієм» цінних для людини жирних кислот є триатомний спирт гліцерин. Широкого розповсюдження як медичний препарат набули поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), які етерифіковані етиловим спиртом. У формі етилових ефірів такі кислоти значно простіше концентрувати та виділяти найбільш необхідні для фізіологічних потреб людини, наприклад ейкозапентаєнову, докозапентаєнову та докозагексаєнову з риб'ячого жиру [4]. Аналіз наукової літератури показує, що вживання етилових ефірів ПНЖК, порівняно з гліцериновими ефірами жирних кислот, є ідентичним за параметрами біодоступності, безпечності та засвоюваності [5]. Проте механізм гідролізу триацилгліцеринів та етилових ефірів в організмі дещо відрізняється. За даними досліджень [6] метилові й етилові ефіри жирних кислот рапсової та менхаденової олій гідролізуються в організмі щурів приблизно в 4 рази повільніше, ніж відповідні гліцеринові ефіри. Як пояснюється в [7], імовірно, це пов'язано з відмінністю дії панкреатичної ліпази на етилові та гліцеринові ефіри жирних кислот. Під дією ліпази триацилгліцерин у тонкому кишківнику відразу піддається гідролізу з утворення 2-моноацилгліцерину (2-МАГ) та жирних кислот, натомість етилові ефіри гідролізуються до жирних кислот після поглинання ендотеліальними клітинами кишкової оболонки. При цьому зазначено, що жирні кислоти з гліцеринових та етилових ефірів повністю абсорбуються.

Іншою причиною повільнішого гідролізу етилових ефірів жирних кислот є те, що складноєфірний зв'язок розщеплюються ліпазами на основі складних карбоксильних ефірів, які, мабуть, менш активні, ніж ліпази [8]. Процеси після абсорбційної переетерифікації жирних кислот, отриманих з етилових і гліцеринових ефірів, теж відрізняються. Передумовою для подальшого транспорту абсорбованих жирних кислот у крові є їхня повторна етерифікація з утворенням триацилгліцеринів, для чого необхідні молекули гліцерину і 2-МАГ. У разі гідролізу ТАГ необхідний гліцерин, а також 2-МАГ вже поставляються як субстрат. Однак гліцерин відсутній при гідролізі етилових ефірів жирних кислот. Імовірно, процес забезпечення відсутнього гліцерину неефективний, що також затримує доставку ЖК з еритроцитів [8].

Сучасні дослідження вказують на те, що прискорити біодоступність (абсорбцію) етилових ефірів ПНЖК можна за рахунок вживання їх разом з емульсійними системами, що сприяють природному вивільненню жирів і солей жовчних кислот. У водному середовищі така система утворює міцели, які забезпечують постійне всмоктування ПНЖК навіть в умовах раціону з низьким вмістом жиру, а також забезпечує швидке емульгування й утворення мікрокрапель при потрапленні у водне середовище кишківника, таким чином збільшуючи абсорбцію ПНЖК [9].

Більшість наукових праць спрямована на дослідження метаболізму незамінних ПНЖК з етилових ефірів порівняно з природною формою (триацилгліцерини). Це пояснюється тим, що вживання ПНЖК дуже важливе для багатьох фізіологічних процесів в організмі, а їхня нестача призводить до ризиків розвитку серцево-судинних та онкологічних хвороб [10].

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) енергетичний баланс має вирішальне значення для підтримки здорової маси тіла та забезпечення оптимального споживання поживних речовин [11].

Рекомендації щодо вмісту жиру та різних груп жирних кислот від загальної калорійності раціону, виражене у відсотках енергії (%E), наведено в табл. 1 [11].

Таблиця 1. Вміст жирів і жирних кислот від загальної калорійності раціону

| Показник | Вміст, %E |
|---------------------------------------|-----------|
| Усього жирів, з них жирних кислот: | 20—35 |
| насичених | 10 |
| мононенасичених | 15—20 |
| поліненасичених ряду ω -6 | 2,5—9 |
| поліненасичених ряду ω -3 | 0,5—2 |
| трансізомерів | менше 1 |

За даними табл. 1, десять відсотків енергії від загальної калорійності раціону людини повинна забезпечуватись за рахунок насичених жирних кислот, які мають різний вплив на концентрацію фракцій ліпопротеїнів у плазмі крові. Наприклад, лауринова (C12:0), міристинова (C14:0) і пальмітинова (C16:0) кислоти збільшують ліпопротеїни низької щільності (ЛПНЩ), тоді як стеаринова (C18:0) не має такого ефекту [11].

З огляду на вищезазначену інформацію дослідження впливу на організм етилових ефірів насичених жирних кислот, зокрема стеаринової, є надзвичайно актуальним, оскільки раніше розроблена технологія альтернативних модифікованих жирів — етилових ефірів жирних кислот [2], може не тільки повністю задовольнити потреби харчової промисловості в жирах спеціального призначення [2], а дасть змогу вибірково контролювати надходження до раціону тих груп жирних кислот у потрібній кількості, що не мають негативного впливу на організм людини.

Метою статті є експериментальні дослідження впливу етилових ефірів стеаринової кислоти на ліпідний обмін і рівень інтоксикації в живому організмі.

Матеріали і методи. Дослідження виконано на базі Харківського національного медичного університету. В експерименті використовували 3-місячних щурів-самців популяції WAG масою 130—150 г. Щурів утримували в стандартних умовах віварію. Вони мали збалансоване харчування та вільний доступ до води.

Для оцінки впливу етилових ефірів стеаринової кислоти на ліпідний обмін тварини щодня отримували частину добової норми ліпідів (30%, тобто 0,5 г на тварину) у вигляді досліджуваного продукту, протягом одного місяця. За період досліджень у щурів не виявлено порушень уринації, дефекації та поведінкових реакцій.

Тварини були розділені на дві групи: 1) контрольна група — 10 самців, які перебували на стандартному раціоні віварію, 2) досліджувана — 10 самців, які щодня протягом місяця в харчовому раціоні отримували 30% від добової потреби в ліпідах у вигляді експериментального ліпиду.

Через місяць після початку досліджень щурів було виведено з експерименту шляхом декапітації, натще (після 15 год голоду). Усі маніпуляції з тваринами проведено згідно з Європейською конвенцією захисту хребетних тварин, яких використовують для експериментальних та наукових цілей [12].

Після декапітації збирали кров, виділяли печінку. Із зібраної крові за допомогою стандартних процедур отримували сироватку. Печінку відмивали від крові охолодженим фізіологічним розчином (на льоду) та готували гомогенати.

Приготування гомогенату печінки проводили таким чином: виділену печінку відмивали від крові в порцеляновій ступці (на льоду) охолодженим фізіологічним розчином, подрібнювали ножицями в ступках. На торсійних вагах зважували подрібнену тканину (0,5 г навіски), поміщали її в скляний гомогенізатор Поттера з тефлоновим товчачиком. Гомогенізували з 5 мл середовища виділення на холоді в гомогенізаторі 30 с (швидкість обертання 1000 обертів за хвилину, зазор скло-тефлон 0,2 мм). Середовище виділення містило 0,32 М сахарозу в 0,025 трис-НСІ буфері, що містить 0,2 мМ трилон Б (рН 7,4). Отриману суспензію центрифугували 15 хв при 1500 об/хв, частину над осадом використовували для біохімічних досліджень.

У сироватці крові визначались такі біохімічні показники:

- ТБК — активні продукти (ТБК-акт.) за спектрофотометричним методом [13], вимірювання оптичної щільності проб проводились на спектрофотометрі Scola-PV (Білорусь);

- дієнові кон'югати (ДК) за спектрофотометричним методом [14], вимірювання оптичної щільності проводилося на спектрофотометрі Scola-PV;

- загальна антиоксидантна активність (ЗАО) за спектрофотометричним методом [15];

- молекули середньої маси за (МСМ) за спектрофотометричним методом [16];

- ліпопротеїни високої щільності (ЛПВЩ), ліпопротеїни низької щільності (ЛПНЩ), загальний холестерол, загальні триацилгліцерини визначали за допомогою стандартних наборів реагентів фірми «Філісіт-Діагностика» (Дніпро, Україна), згідно з інструкціями, що додаються;

- ліпопротеїни дуже низької щільності (ЛПДНЩ) визначали розрахунковим методом (за Клімовим) [17].

У гомогенатах печінки екстракцію ліпідів мембран проводили за методом Bligh and Dyer [18]. Ліпіди фракціонували методом тонкошарової хроматографії на пластинках Silufol у суміші гексан:діетиловий ефір:метанол:оцтова кислота (45:10:1:1,5) [19]. Фосфоліпіди поділяли на фракції в суміші хлороформ:метанол:вода (65:25:4). Кількісне визначення фракцій проводили спектрофотометричними методами вимірювання оптичної щільності проб на спектрофотометрі Scola-PV.

Для аналізу даних, отриманих у ході досліджень, різниця між двома групами незалежних спостережень за порядковим або кількісним показником, що має

розподіл відмінний від нормального, оцінювали за U-критерієм Манна-Уїтні. При проведенні розрахунків використовували програми «Microsoft Excel 2007» та «SPSS for Windows 11.0».

Результати і обговорення. Результати ліпідного спектра сироватки крові щурів, фракційного складу ліпідів в гомогенатах печінки, інтегрального індекс інтоксикації та показників перикисного окиснення ліпідів-антиоксидантної системи (ПОЛ-АОС) наведені в табл. 2, 3 та 4 відповідно.

Таблиця 2. Ліпідний спектр сироватки крові щурів (Ме [25-й перцентиль, 75-й перцентиль])

| Фракції ліпідів | Контрольна група, <i>n</i> = 10 | Експериментальна група <i>n</i> = 10 |
|----------------------------------|------------------------------------|---|
| Холестерин загальний, ммоль/л | 3,95 [3,79; 4,05] | 4,03 [3,88; 4,06] <i>p</i> = 0,0748 |
| Триацилгліцерини, ммоль/л | 0,59 [0,55; 0,62] | 0,65 [0,60; 0,69]" <i>p</i> = 0,0486 |
| ЛПНЩ, ммоль/л | 1,09 [1,00; 1,14] | 1,14 [1,08; 1,17] <i>p</i> = 0,0523 |
| ЛПДНЩ, ммоль/л | 0,27 [0,23; 0,28] | 0,32 [0,28; 0,34]" <i>p</i> = 0,0449 |
| ЛПВЩ, ммоль/л | 2,77 [2,45; 2,68] | 2,72 [2,53; 2,78] <i>p</i> = 0,562 |

Примітка: " — достовірні відмінності між групами.

Таблиця 3. Фракційний склад ліпідів в гомогенатах печінки (Ме [25-й перцентиль, 75-й перцентиль])

| Фракції ліпідів | Контрольна група, <i>n</i> = 10 | Експериментальна група, <i>n</i> = 10 |
|----------------------------|------------------------------------|--|
| Холестерин загальний, мг/г | 0,25 [0,19; 0,29] | 0,22 [0,16; 0,27] <i>p</i> = 0,0586 |
| Фосфоліпіди, мг /г | 18,21 [17,11; 19,22] | 16,81 [16,42; 17,15]" <i>p</i> = 0,0377 |
| Триацилгліцерини, мг/г | 3,84 [3,66; 3,95] | 4,18 [4,13; 4,23]" <i>p</i> = 0,0417 |
| НЕЖК, мг /г | 6,89 [6,61; 6,94] | 7,00 [6,92; 7,08] |

Примітка: " — достовірні відмінності між групами.

Таблиця 4. Інтегральний індекс інтоксикації (МСМ) та показники (ТБК-акт., ДК)-антиоксидантної (ЗАО) системи сироватки крові щурів (Ме [25-й перцентиль, 75-й перцентиль])

| Показники | Контрольна група | Експериментальна група |
|--------------------|----------------------|---|
| ТБК-акт., мкмоль/л | 1,88 [1,72; 1,93] | 1,82 [1,77; 1,89] <i>p</i> = 0,0509 |
| ДК, мкмоль/л | 29,77 [29,08; 30,14] | 29,89 [29,66; 29,95] <i>p</i> = 0,0608 |
| ЗАО, % | 58,66 [57,83; 58,97] | 58,75 [57,99; 59,00] <i>p</i> = 0,0556 |
| МСМ, у. о. | 0,086 [0,079; 0,091] | 0,079 [0,072; 0,089] |

Проведені дослідження показали, що в печінці знижений синтез фосфоліпідів, підвищений — триацилгліцеринів. Це пояснюється тим, що для синтезу фосфоліпідів потрібні ненасичені жирні кислоти, яких, мабуть, недостатньо. Підвищений синтез триацилгліцеринів — результат надлишку насичених жирних кислот. Особливості синтезу ліпідів у печінці пояснюють специфіку ліпідного спектра крові — підвищення ЛПДНЩ (містять найвищий відсоток ТАГ) і незначне зниження ЛПВЩ (містять високий відсоток фосфоліпідів). ЛПДНЩ і ЛПВЩ — це транспортні форми ліпідів з печінки в тканини.

Висновки

Відсутність достовірних змін у вмісті МСМ (інтегральний індекс інтоксикації) і стан системи ПОЛ-АОС (індикатор наявності ендогенних або екзогенних токсинів) свідчать про відсутність токсичного навантаження при застосуванні жирних кислот, «носієм» яких є одноатомні спирти.

Аналіз ліпідного спектра у гомогенатах печінки експериментальних щурів довів, що суттєвих змін у складі транспортних форм ліпідів та їх співвідношенні немає, тобто порушень у ліпідному обміні не існує.

Дані експериментального дослідження свідчать про можливість використання етилстеарату при виготовленні продуктів харчування.

Література

1. Гаврюшенко К. О., Гладкий Ф. Ф. Нова альтернатива маслу-какао — етилові ефіри стеаринової кислоти. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі». К.: НУХТ, 2019. С. 99—103.
2. Havriushenko K. O., Udovenko O. O., Gladkiy F. F. The technology of modification of fats (acylglycerols) by changing the composition of the alkyl. *Nauka i studia*. 2020. Vol. 209. N. 7. P. 44—58.
3. Давидов В. В., Божков А. І. Основи біохімії: Посібник для Вузів. вид. 2-ге, перероб. та доп. Видавн. Федорко. 2012. 349 с.
4. Rubio-Rodríguez N., Beltrán S., Jaime I., et al. Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2010. Vol. 11, N. 1. P. 1—12. DOI: 10.1016/j.ifset.2009.10.006.
5. West A., Burdge G., Calder P. Lipid structure does not modify incorporation of EPA and DHA into blood lipids in healthy adults: a randomised-controlled trial. *British Journal of Nutrition*. 2016. Vol. 116. N. 5. P. 788—797. DOI: 10.1017/S0007114516002713.
6. Yang L. Y., Kuksis A., Mayher J. J. Luminal hydrolysis of menhaden and rapeseed oils and their fatty acid methyl and ethyl esters in the rat. *Biochemistry and Cell Biology*. 1989. Vol. 67. N. 4—5. P. 192—204. DOI: 10.1139/o89-030.
7. Ackman R. G. The absorption of fish oils and concentrates. *Lipids*. 1992. Vol. 27. P. 858—862. DOI: 10.1007/BF02535864.
8. Schuchardt J. P., Hahn A. Bioavailability of long-chain omega-3 fatty acids. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids (PLEFA)*. 2013. Vol. 89. N. 1. P. 1—8. DOI: 10.1016/j.plefa.2013.03.010.
9. Maki K. C., Dicklin M. R. Strategies to improve bioavailability of omega-3 fatty acids from ethyl ester concentrates. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2019. Vol. 22. P. 116—123. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000537.
10. Min D. B., Akoh C. C. Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology. Third edition. *CRC Press*. 2008. 930 p.

11. Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. FAO foods and nutrition paper 91, 2008. URL: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/nutrition/docs/requirements/fatsandfattacidsreport.pdf.
12. Ляпунова Н. А. Надлежащая производственная практика лекарственных средств. К.: МОРИОН, 1999. 545 с.
13. Гаврилов Б. В., Мишкорудная М. И. Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови. *Лабораторное дело*. 1983, № 3. С. 33—36.
14. Меньшиков В. В., Делекторская Л. Н., Золотницкая Р. И. и др. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник. М.: Медицина, 1987. 129 с.
15. Клебанов Г. И., Бабенкова И. В., Теселкин Ю. В. и др. Определение общей антиоксидантной активности сыворотки крови. *Лабораторное дело*. 1988, № 5. С. 59—62.
16. Габрилян Н. И. Определение средних молекул скрининг-методом. *Лабораторное дело*. 1983, № 3. С. 33—36.
17. Климов А. Н., Никульчева А. Н. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения. СПб: Питер Ком, 1999. С. 47—87.
18. Bligh E. G., Dyer W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 1959. Vol. 37. N. 8. P. 911—917. DOI: 10.1139/o59-099.
19. Кейтс М. Техника липидологии: Выделение, анализ и идентификация липидов. М.: Мир, 1975. 322 с.

THE IMPROVEMENT OF JUICE BEVERAGES PRODUCTION TECHNOLOGY USING WILD RAW MATERIAL

S. Matko, T. Levkivska, N. Tkachuk
National University of Food Technologies

Key words:

Juice drinks
Wild-breed raw materials
Hawthorn
Extraction
Technological parameters

Article history:

Received 18.11.2020
Received in revised form
03.12.2020
Accepted 16.12.2020

Corresponding author:

S. Matko
E-mail:
plqaz@ukr.net

ABSTRACT

Wild raw materials are a valuable source of biologically active substances such as bioflavonoids, ascorbic acid, pectin and minerals. Hawthorn fruit are rich on pectin and ascorbic acid, so usage of hawthorn in food technology is relevant. This work was devoted to studying the extraction process of complex of biologically active substances of wild hawthorn fruit and using the obtained extract in juice drinks technology.

The extraction process of the crushed hawthorn mass was carried out in water at a hydraulic modulus 1:1.5...1:2 with additional microwave treatment and without it. The temperature was changed from 20°C to 50°C. As a result, the kinetic extraction regularities of soluble solids at temperatures of 20°C, 30°C, 40°C, 50°C were established. It was found that microwave radiation pre-treatment of hawthorn fruit allowed to extract more dry matter (an average of 15% compared to samples without additional processing).

The extracts obtained at different extraction temperatures of 20—50°C were investigated for the content of ascorbic acid, extractives and pH. It was found that the implementation of extraction at 40—50°C promoted better ascorbic acid saving and the extractives transition into the extract up to 30% of the raw material, while the pH level was less than 3.0.

It can be concluded that the highest BAS content can be obtained by extraction of microwave pre-treated hawthorn fruit and subsequent extraction in water at a hydraulic modulus of 1:1.5...1:2 at a temperature of 40—50°C. This extracts were blended with fruit juices. Such drinks had a high BAS content, harmonious taste and flavor.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СОКОВІСНИХ НАПОЇВ З ВИКОРИСТАННЯМ ДИКОРОСЛОЇ СИРОВИНИ

С. В. Матко, Т. М. Левківська, Н. А. Ткачук

Національний університет харчових технологій

Дикоросла сировина є цінним джерелом таких біологічно активних речовин, як біофлавоноїди, аскорбінова кислота, пектинові та мінеральні речовини. Плоди глоду відрізняються високим вмістом пектинових речовин та аскорбінової кислоти, тому використання глоду в харчових технологіях є актуальним. У статті досліджено процес екстрагування комплексу біологічно активних речовин дикорослих плодів глоду та особливості використання отриманого екстракту в технологіях соковмісних напоїв.

Процес екстрагування подрібненої маси глоду проводили у воді при гідромодулі 1:1,5...1:2 з додатковим оброблення НВЧ і без нього. Температуру змінювали від 20 до 50°C. У результаті встановлено кінетичні закономірності екстрагування розчинних сухих речовин при температурах 20, 30, 40, 50°C. З'ясовано, що попереднє оброблення НВЧ випромінюванням плодів глоду дає змогу вилучити більше сухих речовин на 1...1,6 од., тобто в середньому на 15% порівняно зі зразками без додаткового оброблення.

Екстракти, отримані при різних температурах екстрагування 20—50°C, досліджено на вміст вітаміну аскорбінової кислоти, екстрактивних речовин і величину рН. Встановлено, що здійснення екстрагування при 40—50°C сприяє кращому збереженню аскорбінової кислоти та переходу екстрактивних речовин в екстракт до 30% від вихідної сировини, при цьому рівень рН був меншим 3,0.

Найбільший вміст БАР можна отримати під час екстрагування попередньо оброблених плодів глоду в полі НВЧ та подальшим екстрагуванням у воді при гідромодулі 1:1,5...1:2 при температурі 40—50°C. Одержані екстракти використовували при купажуванні з плодово-ягідними соками. Отримані напої відрізнялись високим вмістом БАР, гармонійним смаком та ароматом.

Ключові слова: соковмісні напої, дикоросла сировина, глід, екстрагування, технологічні параметри.

Постановка проблеми. Здоров'я людини на 50—60% залежить від способу харчування і лише на 5—10% визначається рівнем розвитку охорони здоров'я, тому саме харчова індустрія нині перетворюється на головну складову охорони здоров'я й отримує особливе місце у сфері інтелектуальної та виробничої діяльності людини.

Протистояти вірусним інфекціям нашому організму дозволяє міцний імунітет, який формується при повноцінному забезпеченні есенціальними речовинами. Для збагачення харчових продуктів слід використовувати ті мікронутрієнти,

дефіцит яких реально має місце, досить широко поширений і небезпечний для здоров'я [1; 2].

За статистикою захворювань в Україні, провідне місце посідає саме частота серцево-судинних захворювань. Раніше вважалось, що гіпертонічна хвороба, тобто підвищений артеріальний тиск, характерна для людей похилого віку. На жаль, на це захворювання в тій чи іншій мірі тяжкості страждає кожен третій українець, що підтверджується даними МОЗ України. Так, у структурі поширеності хвороб перше місце займають хвороби системи кровообігу (31%). Серед них 46% випадків складає гіпертонічна хвороба.

Дикоросла сировина є цінним джерелом таких біологічно активних речовин, як біофлавоноїди, аскорбінова кислота, пектинові та мінеральні речовини, зокрема залізо. Саме вона рекомендується для додавання в продукти харчування для профілактики серцево-судинних захворювань населення України (для створення дійсно лікувально-профілактичного продукту) [3].

При виборі рослинних матеріалів для виробництва оздоровчої продукції одним із основних критеріїв її цінності є вміст аскорбінової кислоти. Вплив вітаміну С на організм досить різнобічний і різноманітний. Він захищає від окислення необхідні організму жири і жиророзчинні вітаміни (вітаміни А і Е), прискорює загоєння ран і опіків. Аскорбінова кислота, яка міститься у значних кількостях в плодах глоду, збільшує еластичність і міцність кровоносних судин, активізує роботу ендокринних залоз, покращує стан печінки, знижує вироблення холестерину в ній і видаляє відкладення зі стінок судин, захищаючи таким чином серце [4].

Враховуючи існуючі запаси місцевої рослинної сировини, актуальним є питання удосконалення технологій плодово-ягідних соків і напоїв на основі використання дикорослих плодів, ягід і лікарських рослин для одержання збалансованих за біохімічним складом продуктів, зокрема біологічно активними речовинами (БАР), харчовими волокнами, поліпшення органолептичних показників та якісного складу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідники, які вивчають вітамінний склад різних рослинних культур, єдині у своєму висновку — найбільший ефект аскорбінової кислоти виявляється при її спільній дії з біофлавоноїдами [5]. Поліфенольні сполуки, зокрема біофлавоноїди, зміцнюють стінки кровоносних судин, регулюють їхню проникність, накопичення і кращому використанню аскорбінової кислоти.

Вітамін С сприяє засвоєнню заліза (Fe) з їжі, що необхідно для нормального кровотворення. Засвоюваності заліза сприяють такі прості вуглеводи, як лактоза, фруктоза, сорбіт. Тому в комплексі вітамін С, мікроелемент Fe та поліфенольні сполуки будуть посилювати дію один одного і слугуватимуть, при щоденному споживанні, профілактикою серцево-судинних захворювань.

Крім того, пектин, що міститься в плодах глоду, проявляє пролонгуючу дію, тобто подовжує ефект кардіотонічної дії гіперозиду глоду та інших Р-ктивних сполук.

Глід — високопектинова сировина і добувати з неї сік традиційним способом недоцільно. Через малий розмір клітин плодів глоду неможливо досягти прямого механічного пошкодження кожної клітини, оскільки цитоплазма клітин має стійкість до такого впливу. Ефективнішим методом отримання соку із рослинної сировини є дифузія, суть якої полягає в протитечійному обробленні рослинної м'язги водою. Проходячи через ряд дифузорів, заповнених м'язгою, вода збагачується розчинними речовинами і, виходячи с останнього (головного) дифузора, являє собою за хімічним складом та органолептичними показниками майже такий же сік, який отримують шляхом вичавлюванні м'язги на пресах) [6].

Аналіз процесу екстрагування рослинного матеріалу [7—10] дає змогу відмітити особливості, пов'язані з його клітинною структурою і фізико-механічними властивостями. Біологічно активні речовини замкнуті в клітині, тому екстрагент повинен проникнути в неї, долаючи клітинний бар'єр. Процеси екстрагування відмінні для свіжої і висушеної сировини.

У свіжій сировині діючі речовини знаходяться в розчині всередині клітини, тому екстрагування зводиться до вимивання клітинного соку зі зруйнованих у процесі подрібнення клітин рослини і з відкритих пор. Перенесення діючих речовин з незруйнованих клітин в екстрагент не здійснюється, що пояснюється складністю їх будови.

Рослинна клітина являє собою живий протопласт, замкнутий у клітинну оболонку. Протопласт оточений плазмолемою й тонопластом, що володіють вибірковою проникливістю. Окрім цих мембран, в клітині є багато інших, що оточують численні вакуолі з клітинним соком. Жива клітина знаходиться в стані тургору, пристінний шар якої щільно притиснутий до оболонки. Через клітинні мембрани чистий екстрагент проникає всередину клітини, вони ж і перешкоджають переходу з неї екстрагента з розчинними в ньому діючими речовинами. Об'єм клітинного соку збільшується і в середині клітини виникає гідростатичний тиск. Коли він стає рівним осмотичному, проникнення екстрагента в клітину зупиняється. Тому руйнування рослинних клітин (механічне подрібнення, тиск, електричний струм, тощо) має дуже важливе значення при екстрагуванні свіжої сировини.

Основні фактори, що впливають на процес екстрагування: ступінь подрібнення сировини і щільність її завантаження, втрата при дифузії, температура і час екстрагування, співвідношення сировина/екстрагент, вибір екстрагенту тощо. Для досягнення максимального виходу із сировини основних діючих речовин необхідно враховувати такі фактори:

1. Подрібненість і структура рослинної сировини. Ступінь і характер подрібненості, поверхня частинок і число зруйнованих клітин суттєво впливають на процес екстрагування. Чим дрібніший розмір частинок матеріалу, тим більша поверхня його дотику з екстрагентом, тим швидше здійснюється вилучення. Для кожного виду сировини залежно від анатомічної будови, складу й локалізації діючих речовин ступінь і характер подрібненості визначають індивідуально.

При використанні занадто подрібненої сировини внаслідок сильного набрякання процес екстрагування ускладнюється. Із сировини зі зруйнованою клітинною

структурою (роздавлена, розмелена) процес вилучення зводиться до вимивання. Отриманий екстракт буде містити багато дрібних частинок рослинного матеріалу, яких важко позбутися.

2. *Температура і час екстрагування.* Час екстрагування визначає тривалість процесу взагалі і залежить від анатомічної будови сировини й розчинності екстрагованих речовин. У деяких випадках (наприклад, за умови, що діючі речовини легкорозчинні) зайвий час екстрагування сприяє переходу великої кількості баластних речовин. Тому тривалість процесу екстрагування значною мірою залежить від властивостей речовин, які необхідно вилучити з рослинної сировини.

Збільшення температури призводить до інтенсифікації процесу екстрагування. Однак треба мати на увазі, що підвищення температури водночас призводить до збільшення розчинності деяких баластних речовин і їх дифузії.

3. *Співвідношення сировина/екстрагент (гідромодуль).* Процес екстрагування залежить від співвідношення масових частин сировини/екстрагент. Оскільки в кінцевому результаті необхідно отримати більш концентрований екстракт, то вигідніше використовувати меншу кількість екстрагенту. Однак застосування занадто малої кількості екстрагенту стосовно кількості сировини може привести до неповного вилучення необхідних речовин. Вибір цього співвідношення залежить від типу сировини і природи розчинника.

4. *Вибір розчинника.* У харчовій промисловості як екстрагент використовується вода (екстрагування цукру з буряка, кави, цикорію), спирт, водо-спиртова суміш.

Мета статті: дослідження процесу екстрагування комплексу біологічно активних речовин дикорослих плодів глуду та особливостей використання отриманого екстракту в технології сокових напоїв.

Матеріали і методи Параметрична схема процесу екстрагування, дослідженого в лабораторних умовах, представлена на рис. 1.

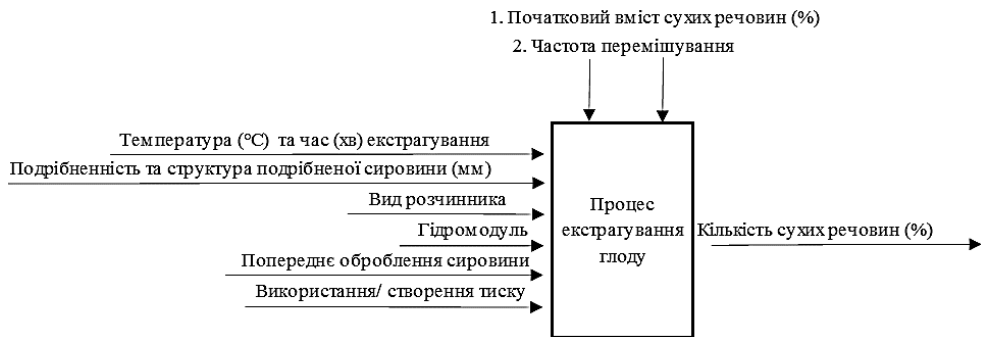


Рис. 1. Параметрична схема процесу екстрагування з визначеними збудувальними та вихідними параметрами процесу

Дослідження проводили у двох варіаціях: з попереднім обробленням сировини (НВЧ-випромінювання) або без нього.

Зміні піддавали такі параметри процесу екстрагування: гідромодуль (1:0,5...1:2,5), температура (інтервал вимірювання — 10°C, нижній рівень вимірювання 2°C, верхній — 50°C). Обмеження верхнього порогу обґрунтовано літературним оглядом, при температурі вищою за 50°C відбуваються великі втрати цінних біологічно активних речовин), тривалість взаємодії фаз (цей фактор не обмежувався, дослідження вважалось завершеним, коли вміст сухих речовин досягнув постійного значення або зміна протягом певного відрізка часу була несуттєва).

Як екстрагент використано воду. Ефективність проведення процесу екстрагування оцінювали за вмістом сухих речовин у водному екстракті (рефрактометричний метод).

Визначення загальної й активної кислотностей проводили потенціометричним титруванням і рН-метром відповідно. Вміст вітаміну С визначали титруванням водної витяжки розчином 2,6-дихлорфеноліндофенолу до появи рожевого забарвлення, яке зберігається протягом 30 с. Визначення екстрактивних речовин — випарюванням до сухого залишку на водяній бані з подальшим висушуванням у сушильній шафі при температурі 105°C протягом 3 год.

Викладення основних результатів дослідження. У ході експерименту було виявлено, що гідромодуль 1:0,5 не підходить для дослідження, оскільки такої кількості води недостатньо для покриття сировини шаром розчинника. Гідромодуль 1:2,5 на початку досліджень був відкинутий через те, що отримували екстракт з досить низьким вмістом сухих речовин. Основні дослідження проводили при гідромодулі 1:1,5...1:2.

Результати досліджень вмісту розчинних сухих речовин (далі РСР) в екстракті глоду при різних температурах надали можливість побудувати кінетичні криві процесу екстрагування (рис. 2, 3), початкові ділянки яких спочатку зростають за перші 5 хв взаємодії, що свідчить про найбільшу активність системи, а потім, починаючи з 30...40 хв, вирівнюються.

З аналізу графіків на рис. 2 видно, що екстрагуванням подрібнених плодів глоду при температурах 20 і 30°C досягаємо максимуму (5,9...6,2%) приблизно за перші 15 хв процесу, а самі криві мають схожу геометрію (причому трохи менш ефективною щодо вилучення РСР виявилася температура 20°C).

Найбільшого вмісту РСР (11,0%) було отримано при температурі 50°C та тривалості оброблення 50 хв.

При температурі екстрагування 40°C за перші 5 хв ефективніше вилучаються РСР, вміст яких досягає 7,4%, подальше витримування при цих же параметрах показує поступовий ріст вмісту РСР до 9,7%, момент врівноваження настає на 35 хв. Результати досліджень вмісту РСР в екстракті, отриманому з попередньо підготовленої сировини (дія поля надвисокої частоти здійснювалась під напругою 350 W протягом 60 с), зображені на рис. 3. Характер кривих, які відповідають різним температурам ведення екстрагування, відрізняються від відповідних на рис. 2 (глід без оброблення). Так, при температурі оброблення 20 і 30°C досягаємо вмісту РСР 4,8 і 5,2% відповідно, а через 40...45 хв екстрагування цей показник становить 7,3 та 8,0% (у той же час при екстрагуванні сировини без оброблення за цих температур було досягнуто лиш 7%).

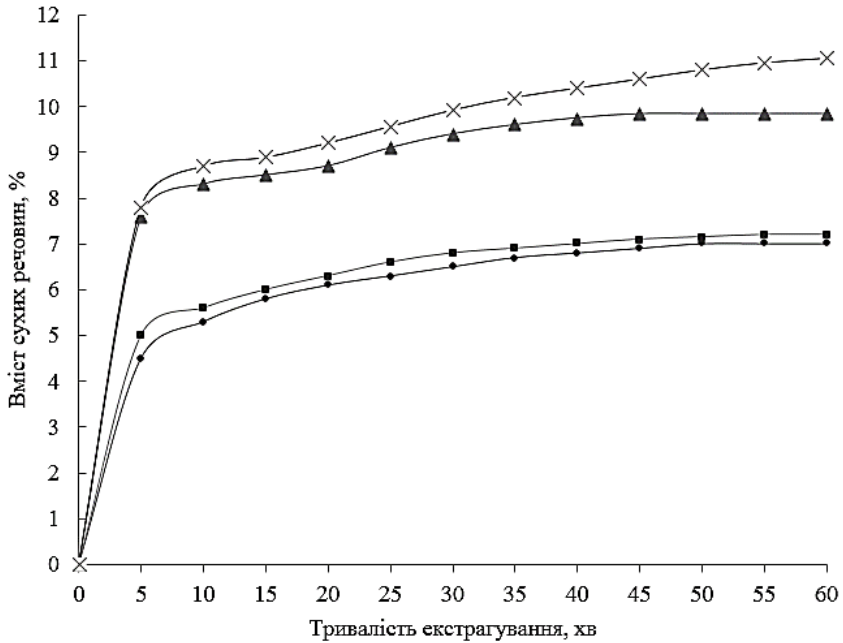


Рис. 2. Процес екстрагування сухих речовин з плодів глуду без попереднього оброблення:

● — 20°C ■ — 30°C ▲ — 40°C × — 50°C

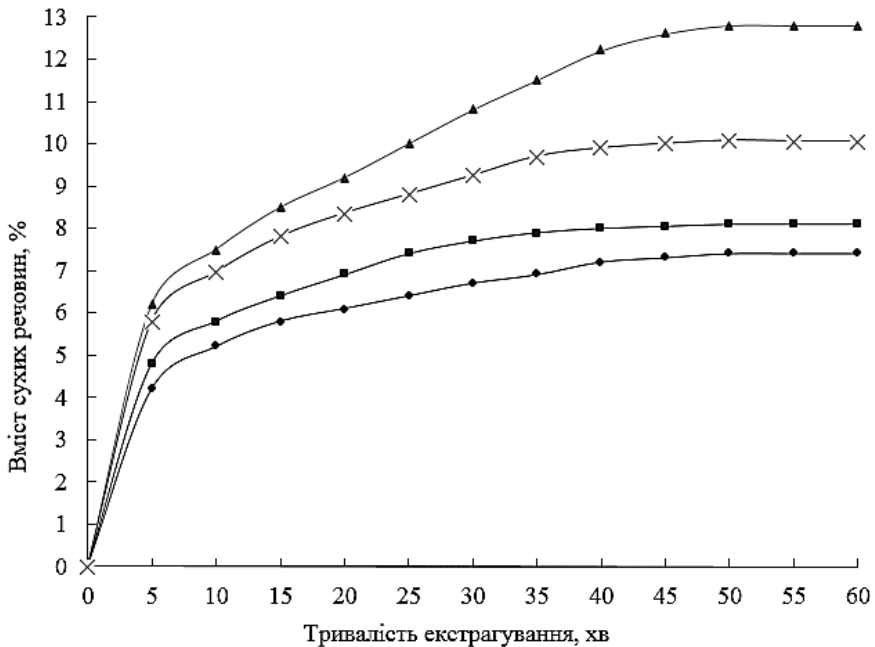


Рис. 3. Процес екстрагування сухих речовин з плодів глуду при попередньому НВЧ-обробленні при різній температурі:

● — 20°C ■ — 30°C ▲ — 40°C × — 50°C

Дещо вищого вмісту РСР було досягнуто при екстрагуванні за температури 40°C. Так, при 5 хв витримування показник становить 6,4%, 15 хв — 8,0%, а за 40 хв встановлюється рівновага (вміст РСР дорівнює 11,%).

Ведення процесу екстрагування при 50°C дає змогу отримати вміст РСР на рівні 10,0% за 25 хв і 13% за 50 хв. Подальше збільшення тривалості оброблення є недоцільним, оскільки не спостерігається суттєвого росту РСР. Зростання вмісту РСР порівняно зі зразками без оброблення свідчить про додаткове пошкодження клітин під за рахунок дії НВЧ і перехід вмісту клітинного соку в екстрагент.

Установлено, що попереднє оброблення НВЧ випромінюванням плодів глоду, за будь-яких температур ведення процесу екстрагування, дає змогу вилучити більше сухих речовин на 1...1,6 од., тобто в середньому на 15% порівняно зі зразками без додаткового оброблення.

Для отримання соковмісних напоїв із гармонійним смаком екстракти повинні мати високий вміст екстрактивних речовин та аскорбінової кислоти, а значення рН < 3,0. Чотири зразки екстрактів, отриманих при різних температурах екстрагування 20—50°C, дослідили на вміст вітаміну аскорбінової кислоти, екстрактивних речовин і величину рН. Результати дослідження наведено на рис. 4—6.

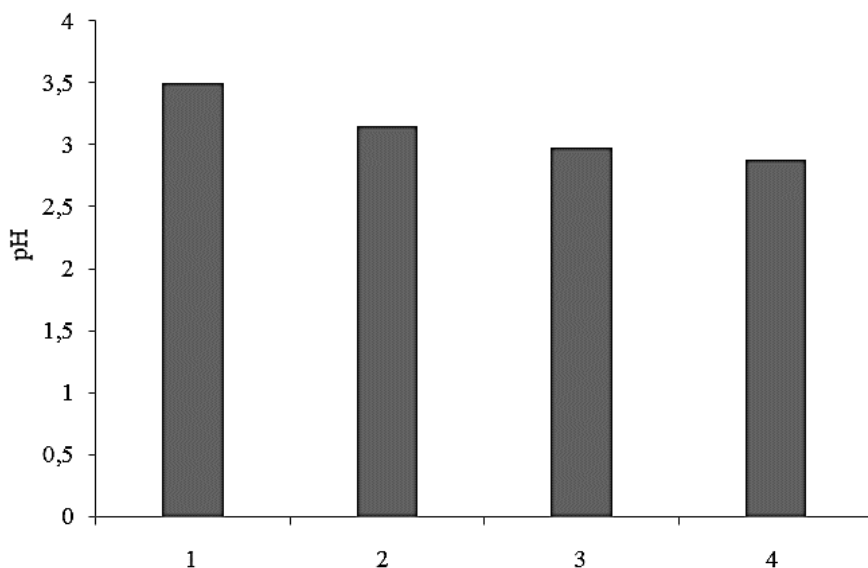


Рис. 4. Залежність рН готових екстрактів від температур екстрагування: 1 — 20°C, 2 — 30°C, 3 — 40°C, 4 — 50°C

Як видно з рис. 4, найкращий показник рН спостерігається у зразку екстракту, отриманому при температурі 40°C — 2,98. Майже такий же результат спостерігався у четвертому зразку (при температурі 50°C) — 2,88. Екстракт, виготовлений при температурі 30°C, показав хороші результати — 3,15. Найгірше значення рН показав зразок екстракту при 20°C, який досягнув майже 3,5, а це не є бажаним результатом для наших подальших досліджень (продукт дуже розведений).

Як видно з діаграми (рис. 5), найбільший вміст вітаміну С в зразках, отриманих при екстрагуванні глоду за температур 40 та 50°C. Це вказує на те, що при

температурі до 60°C втрати вітаміну С незначні, в той же час незначне підвищення температури сприяє більш повному переходу активних компонентів. При невисокій температурі (20°C) екстрагування проходить неефективно, що спостерігається в першому зразку, де вміст вітаміну С склав лише 2,6 мг/100 г екстракту.

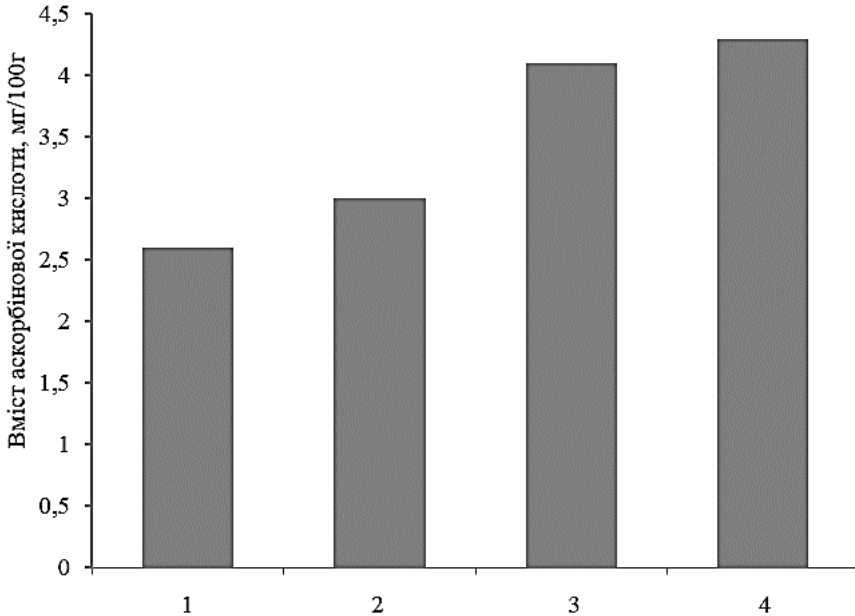


Рис. 5. Залежність вмісту аскорбінової кислоти в екстрактах від температури екстрагування: 1 — 20°C, 2 — 30°C, 3 — 40°C, 4 — 50°C

Отже, найбільший вміст БАР можна отримати під час екстрагування попередньо оброблених плодів глуду в полі НВЧ та подальшим екстрагуванням у воді при гідромодулі 1:1,5...1:2 при температурі 40—50°C.

Одержані екстракти використовували при купажуванні з плодово-ягідними соками. Отримані напої відрізнялись високим вмістом БАР, гармонійним смаком та ароматом.

Висновки

1. На основі аналізу літературних джерел обґрунтовано доцільність використання саме нетрадиційної дикорослої сировини (глід) в технології виробництва соковмісних напоїв.

2. Встановлено кінетичні закономірності екстрагування РСР при температурах 20, 30, 40, 50°C.

3. Вивчено вплив НВЧ оброблення на величину вилучення РСР з плодів глуду.

3. Досліджено вміст аскорбінової кислоти, екстрактивних речовин та рН отриманих екстрактів, які дають змогу конструювати рецептури нових продуктів і керувати технологічним процесом одержання соковмісних напоїв

Література

1. Смоляр В. І. Історія харчування. К.: Медицина України, 2006. 351 с.

2. Домарецький В. А., Прибильський В. Л., Михайлов М. Г. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини: підруч. Вінниця: Нова книга, 2005. 408 с.
3. Ринок соків, нектарів та соковмісних напоїв. Україна. 2015 рік. URL: http://www.marketing.net.ua/view_markets.php?num=40891/.
4. Лукомський Ю. О. Тенденції і напрями розвитку ринку соків в Україні. *Young Scientist*. 2016. № 7(34). С. 73—77.
5. Глід криваво-червоний. Фармацевтична енциклопедія. URL: [https://www. Pharmencyclopedia.com.ua/article/2986/glid-krivavo-chervonij](https://www.Pharmencyclopedia.com.ua/article/2986/glid-krivavo-chervonij).
6. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
7. Гойко І. Ю., Сімахіна Г. О. Перспективи використання дикорослої сировини для одержання безалкогольних напоїв антиоксидантної дії. *Наукові праці НУХТ*. 2014. Т. 20, № 6. С. 219—226.
8. Жеплінська М. М., Зоткіна Л. В., Біла Г. М. Вилучення біологічно активних речовин з лікарських трав шляхом екстрагування та настоювання. *Харчова промисловість*. 2011. № 12. С. 35—41.
9. Кухтенко О. С., Гладух Є. В. Визначення кратності екстракції рослинної сировини кардіотонічної дії. Актуальність розробки препаратів кардіотонічної дії на основі рослинної сировини. *Фармакоекономіка в Україні: Стан та перспективи розвитку*: матеріали VII науково-практичної Internet — конференції. Харків, 20 листопада 2014 року. С. 133—134.
10. Помін М. В., Усатюк С. І., Іванов С. В. Дослідження впливу параметрів екстрагування рослинної сировини на вихід екстрактивних речовин. *Якість і безпека харчових продуктів*: збірн. тез міжнар. наук.-техн. конф., 14—15 лист. 2013 р.

CONSUMER PROPERTIES OF PASTA WITH ADDITION OF POWDER OF ONION HUSK

M. Drychyk, A. Chorna

National University of Food Technologies

Key words:

Pasta
Onion powder
Quercetin
Nutritional value
Nutritional properties
Biological value

Article history:

Received 25.12.2020
Received in revised form
09.12.2020
Accepted 22.12.2020

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The current state of the pasta market of high nutritional, biological value and preventive purpose was analyzed in the article. It was established that the range of pasta with different tastes and additional consumer properties is not wide. The urgent task for the pasta industry is developing and increasing the production of pasta with high biological value. A new direction of expanding the range of pasta is to increase their biological value by adding onion husk powder and improving the composition of biologically active substances, enrichment of products with dietary fiber, macro- and microelements and vitamins, and therefore the creation of products for preventive purposes.

The purpose of this article was to investigate the effect of onion husk powder on the consumption properties of pasta. The object of the research was pasta, and methods for assessing its quality. The subject of the research was the nutritional properties and quality indicators of pasta with the addition of onion husk powder. The experimental results were received using traditional and special physicochemical methods of research.

The influence of onion husk powder on the quality of pasta in the amount of 2.5—12.5% by weight of flour was investigated. It was found that the use of powder in the amount of 5% improved the quality of products by organoleptic (taste and appearance) and physico-chemical parameters. Pasta with increasing powder content became brittle, less plastic, rough, with a saturated brown color, which decreased its organoleptic properties. The optimum content was 5% of powder, in this case the products had optimal organoleptic characteristics. The best consumer properties in the case of dosing onion husk powder in amount of 5% by weight of flour, dough humidity was 28% and water temperature for mixing was 55—62°C. Increasing the powder content in the recipe to 10% will lead to overconsumption, and therefore more cost of products, and the content of biologically active substances will increase slightly. The nutritional value of pasta with onion husk powder was calculated.

СПОЖИВНІ ВЛАСТИВОСТІ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ З ДОДАВАННЯМ ПОРОШКУ ЛУШПИННЯ ЦИБУЛІ

М. Ю. Дричик, А. І. Чорна

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано сучасний стан ринку макаронних виробів підвищеної харчової цінності та профілактичного призначення. Встановлено, що асортимент макаронних виробів із різними смаками та додатковими споживчими властивостями неширокий. Актуальним завданням для макаронної галузі харчової промисловості є розробка та збільшення виробництва макаронних виробів підвищеної біологічної цінності. Перспективним напрямом розширення асортименту макаронних виробів є підвищення їх біологічної цінності за рахунок додавання порошку лушпиння цибулі і поліпшення складу біологічно активними речовинами, збагачення виробів харчовими волокнами, макро- і мікроелементами та вітамінами, а отже, створення виробів профілактичного призначення.

Об'єктом дослідження є макаронні вироби, а також методи оцінки їх якості. Предметом дослідження виступають споживні властивості та показники якості макаронних виробів з додавання порошку лушпиння цибулі. Експериментальні результати отримані за допомогою традиційних і спеціальних фізико-хімічних методів досліджень.

Досліджено вплив порошку лушпиння цибулі на якість макаронних виробів у кількості 2,5—12,5% до маси борошна. Експериментальним шляхом встановлено, що додавання порошку лушпиння цибулі у кількості менше ніж 2,5% не впливає на органолептичні показники макаронних виробів, а в разі додавання більше 12,5% — призводить до перевитрат, а отже, й подорожчання виробів і погіршення споживних властивостей. Макаронні вироби мають найкращі споживні властивості при вологості тіста 28%, температурі води для замішування 55—62°C у разі дозування порошку лушпиння цибулі 5% до маси борошна, оскільки такий вміст поліпшує якість виробів за органолептичними (смак і зовнішній вигляд) та фізико-хімічними показниками.

Ключові слова: макаронні вироби, порошок лушпиння цибулі, кверцетин, харчова цінність, споживчі властивості, біологічна цінність.

Постановка проблеми. Макаронні вироби займають важливе місце у раціоні споживачів, мають високу енергетичну цінність і містять значну кількість легкозасвоюваного крохмалю. Однак вони містять невелику кількість харчових волокон, вітамінів, мінеральних та інших біологічно-активних речовин, незбалансовані за амінокислотним складом. Крім того, через дефіцит і високу вартість борошна з твердих сортів пшениці більшість підприємств в Україні виготовляє макаронні вироби з пшеничного хлібопекарського борошна, що впливає на їхні споживчі властивості [1; 2]. Розширення асортименту макаронних виробів без суттєвого їх подорожчання можливе за рахунок використання сировини невисокої вартості.

У Європі щорічно викидають більше 500 тис. т лушпиння цибулі. Лушпиння цибулі містить флавоноли (груп кверцетину, ізорамнетину, мірицетину), амінокислоти (аспарагінова кислота, треонін, пролін, гліцин, аланін, цистеїн, валін, метіонін, лейцин, ізoleyцин, фенілаланін, лізин і тощо), макро- і мікроелементи (Si, Ca, Na, Mg, K, P, Al, Fe, Mn, Cu, Pb, Ni, Zn і т. д.) та інші поживні речовини. У 2011 р. були проведені фармакологічні дослідження сухого екстракту з лусок цибулі ріпчастої, які показали виражену протимікробну активність до культур грампозитивних бактерій — *S. aureus* і *B. subtilis*, і помірну протимікробну активність по відношенню до *E. coli*, *P. Aeruginosa*, *P. vulgaris* та *C. albicans* [3].

У [4—8] встановлено, що екстракт і порошок з лушпиння цибулі допомагають у разі гіпертонії, порушеннях роботи печінки і підшлункової залози, кишечника, ефективні в лікуванні атеросклерозу, астми, покращують загальне самопочуття та апетит. Антиоксидантна активність відвару з лушпиння цибулі в декілька разів вища за зелений чай і червоне вино. Цибулиння може використовуватись у вигляді екстракту чи порошку для профілактики раку та інших захворювань, в патогенезі яких лежить окисний процес. Такі властивості зумовлені наявністю флавоноїдів, в тому числі кверцетину. Встановлено [9], що в 2% і 4% екстракті лушпиння цибулі міститься 1,52% і 1,61% кверцетину. Перевагою використання лушпиння цибулі є дешевизна: виробник несе витрати лише на отримання екстракту чи порошку.

Отже, лушпиння цибулі може бути перспективною сировиною для розширення асортименту макаронних виробів підвищеної харчової цінності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у вирішення питань підвищення якості та харчової цінності макаронних виробів внесли В. Г. Юрчак, Г. І. Волощук, А. В. Білічук, Д. О. Набоков, Г. В. Каприк, Г. С. Сухорукова та інші.

Розроблено рецептуру макаронних виробів з додаванням дрібнодисперсних ягідних та овочевих порошоків (порошки із червоного столового буряка, моркви, капусти, гарбуза, кабачків, чорноплідної горобини та ін.), ароматизуючих добавок (ароматизатор беконовий, чорничний) у різному співвідношенні компонентів. Оптимальна кількість порошку не менше 1% (оскільки не забезпечується підвищений вміст біологічно-активних речовин) і не більше 5% (мають надмірно виражений смак та аромат), ароматизуючих добавок — не менше 0,2% (аромат не відчувається), не більше 0,5% (занадто сильний аромат). У разі додавання цього виду сировини вироби мають підвищену харчову цінність, високі органолептичні, структурно-механічні та варильні властивості [10].

Розроблено рецептуру макаронних виробів з додаванням сухого яєчного білка, який має збалансований амінокислотний склад і високу перетравлюваність. Як поверхнево-активна речовина сухий яєчний білок є структуроутворювачем макаронного тіста, що забезпечує скловидність у зламі, запобігає утворенню мікротріщин у структурі виробів та сприяє зростанню їх міцності. Найкраще додавати до складу сухий яєчний білок у кількості не менше 1,5% до маси борошна (вплив на якість продукції є несуттєвим) і не більше 5,5% (вироби стають надто міцними, поверхня набуває шорсткості, суттєво подовжується термін варіння до готовності, вироби стають тверді під час розжовування) [11].

У різних галузях харчової промисловості набувають все більшого використання камеді рослинного походження — структуроутворювачі, які використовуються в разі необхідності поліпшення структури виробів. Їх необхідно вносити у

кількості 0,1—0,3% до маси борошна, оскільки це позитивно впливає на міцність макаронних виробів, показники варильних властивостей, призводить до зменшення втрат сухих речовин у варильній воді. У разі внесення сировини у кількості менше 0,1% їхній вплив на якість макаронних виробів незначний, більше 0,3% — призводить до утворення мікротріщин [12].

Макаронні вироби з порошком глоду колючого збагачені вітамінами (К, Е, групи В), органічними кислотами, макро- та мікроелементами (К, Са, Mg, Р, Fe), пектиновими та Р-активними речовинами. Встановлено, що внесення порошку в кількості 3,9—4,6% забезпечує якісні органолептичні та фізико-хімічні показники готових виробів. Такі вироби мають кращі варильні властивості, зберігають форму та не злипаються [13].

Збагачення пшеничного тіста екстрактом лушпиння цибулі значно підвищує рівень поліфенолів та антиоксидантну активність кінцевого продукту [14]. Зі збільшенням дози екстракту збільшувалася антиоксидантна активність і вміст фенольних сполук у хлібі. Наприклад, збагачення тіста 0,5% екстракту спричинило збільшення загального фенольного вмісту в хлібі в 4 рази, а антиоксидантну активність — у 7 разів, виміряну методом CUPRAC.

Мета дослідження: наукове обґрунтування і розроблення технології виготовлення макаронних виробів з додаванням порошку лушпиння цибулі для підвищення біологічної цінності та розширення асортименту, дослідження впливу порошку лушпиння цибулі на якість макаронних виробів, розрахунок харчової цінності розроблених макаронних виробів.

Матеріали і методи. У 2011 р. були розроблені параметри стандартизації та проекти МКЯ на сировину — лушпиння цибулі ріпчастої та отриманий з них сухий екстракт. Створено добавку дієтичну серії «ЮВЕТ» «Овочева з цибулі», визначено параметри її стандартизації та розроблено технічні умови виробництва ТУ У 15.8.-35477619-001:2008 (виробник — ПП «Порошкова галузь України») [3]. Проте у 2017 р. підприємство змінило вид діяльності, тому для дослідження використовуються матеріали іншого виробника.

Для виготовлення макаронних виробів використовували лушпиння цибулі (ТОВ «Вест Фуд Інвест», ТУ У 21.2-30272099-019-2002) і борошно твердих сортів пшениці ТМ «La Pasta» (ТОВ «Рідний продукт», ТУ У 82.9 — 34560700-002:2014).

Тісто з масовою часткою вологи (28 ± 1)% замішували впродовж 15 хв, використовуючи теплий заміс з температурою води 55—65°C. Порошок лушпиння цибулі вносили в борошно у кількості 2,5—12,5% до маси борошна. Дослідження впливу порошку лушпиння цибулі на споживні властивості макаронних виробів проводили через 3—4 дня після їх виготовлення. Контрольний зразок — макаронні вироби без додавання порошку лушпиння цибулі.

Органолептичні та фізико-хімічні показники якості (кислотність, тривалість варіння до готовності, кількість поглинутої води, втрата сухих речовин під час варіння макаронних виробів, масова частка вологи) визначали згідно з ДСТУ 7348:2013 «Вироби макаронні. Правила приймання і методи визначення якості» [15].

Масову частку вологи лушпиння цибулі визначали висушування до постійної маси аналогічно з [16]. Дисперсність порошку лушпиння визначали ситовим аналізом, використовуючи сито з діаметром отворів 0,56 мм [17].

Макаронні вироби виготовляли на прес-екструдері Marcato Regina. Об'єктом дослідження є макаронні вироби з порошком лушпиння цибулі, а також методи оцінки якості макаронних виробів. Предмет дослідження — споживчі властивості та показники якості макаронних виробів з порошком лушпиння цибулі. Для оцінки органолептичних властивостей макаронних виробів розроблено 5-бальову шкалу. Методом ранжування було визначено коефіцієнти вагомості кожного показника в загальній органолептичній оцінці. Експериментальні результати *p* отримані за допомогою традиційних і спеціальних фізико-хімічних методів досліджень.

Результати і обговорення. З метою зниження вмісту вологи і полегшення процесу подрібнення лушпиння цибулі висушували. Лушпиння цибулі подрібнювали за допомогою лабораторного млина ЛЗМ-1 зі швидкістю обертання вала не менше 10 000 об/хв. Результати визначення оптимального часу висушування та дисперсності порошку наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Дисперсність порошку лушпиння цибулі ($n = 5, p \geq 0,95$)

| № зразка | Кількість лушпиння | | | | Тривалість висушування, хв |
|----------|--------------------|-------|-----------|-------|----------------------------|
| | у залишку | | у проході | | |
| | г | % | г | % | |
| 1 | 0,55 | 20,0 | 2,0 | 75,0 | 38 |
| 2 | 0,75 | 36,40 | 1,25 | 60,70 | 43 |
| 3 | 0,83 | 35,90 | 1,40 | 60,60 | 53 |
| 4 | 0,34 | 10,70 | 2,63 | 83,0 | 63 |
| 5 | 0,96 | 39,70 | 1,39 | 57,40 | 80 |

Встановлено оптимальну дисперсність порошку (не більше 0,56 мм) у зразку № 4, який висушували впродовж 1,03 год, з вологістю 13,4%.

Результати зведених дегустаційних оцінок і розрахунків загального показника якості макаронних виробів з порошком лушпинням цибулі наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Зведені дегустаційні оцінки органолептичної оцінки якості макаронних виробів за 5-бальною шкалою ($n = 5, p \geq 0,95$)

| Зразок | Смак | Запах | Колір | Поверхня | Форма | Стан виробу після варіння | Узагальнений показник якості |
|--------|----------------------|-------|-------|----------|-------|---------------------------|------------------------------|
| | Коефіцієнт вагомості | | | | | | |
| | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,15 | 0,15 | 0,1 | |
| № 1 | 4,8 | 5,0 | 4,5 | 5,0 | 4,5 | 4,6 | 4,75 |
| № 2 | 4,9 | 5,0 | 4,8 | 5,0 | 4,8 | 4,7 | 4,88 |
| № 3 | 4,6 | 4,8 | 4,7 | 4,8 | 4,9 | 5,0 | 4,78 |
| № 4 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,0 | 5,0 | 4,65 |
| № 5 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |

Примітка: зразок 1 — 2,5% порошку лушпиння цибулі до маси борошна; зразок 2 — 5% порошку лушпиння цибулі до маси борошна; зразок 3 — 10% порошку лушпиння цибулі до маси борошна; зразок 4 — 12,5% порошку лушпиння цибулі до маси борошна; зразок 5 — контрольний зразок (без порошку лушпиння цибулі).

Найкращий зразок за результатами зведених дегустаційних оцінок № 2 зі вмістом порошку лушпиння цибулі 5%. У разі збільшення кількості порошок лушпиння цибулі надає виробу приємний, характерний використаній сировині запах, колір, покращує стан виробу після варіння. У разі використання надлишкової кількості (більше 10%) погіршує стан поверхні та форму. Це зумовлено тим, що сировина нерозчинна у воді і виводиться з організму в незмінному вигляді.

Вологість макаронних виробів є важливим показником якості і визначає здатність виробів зберігатися впродовж тривалого часу, не піддаючись псуванню (за кисанню та пліснявінню). Вологість також є важливим фактором, що визначає вихід — витрату борошна на 1 т готової продукції. Вологість макаронних виробів не повинна перевищувати 13% [18]. Результати визначення масової частки вологи досліджуваних зразків макаронних виробів наведено у табл. 3.

Вологість макаронних виробів з порошком лушпиння цибулі зі збільшенням вмісту порошку зростає. У разі додавання різної кількості порошку лушпиння цибулі (2,5—12,5%) показник вологості макаронних виробів порівняно з контрольним зразком (№ 5) зростає на 26,3—52,6%. Така закономірність зумовлена різним вмістом води у рецептурі та вологістю тіста.

Кислотність характеризує смакові властивості та ступінь свіжості макаронної продукції. Вона зумовлюється передусім кислотністю борошна. Крім того, кислотність може підвищитись під час замісу та сушіння виробів, у разі додавання під час замісу до тіста закислих сирих або сухих відходів, а також тіста або напівфабрикатів, які тривалий час знаходились у вологому стані (у разі зупинки пресу на тривалий термін, тривалій сушці сирого напівфабрикату за температури 30—40°C, зупинках технологічних ліній). Кислотність виробів збільшується порівняно з кислотністю борошна не більш як на 10%. Для всіх видів виробів, крім томатних, кислотність повинна бути не більше 4 град [18]. Результати визначення кислотності досліджуваних зразків макаронних виробів наведено на табл. 3.

Усі зразки, окрім дослідного зразка № 4, відповідають вимогам. Кислотність дослідних макаронних виробів зі збільшенням вмісту порошку зростає. У разі додавання різної кількості порошку лушпиння цибулі (2,5—12,5%) показник кислотності макаронних виробів порівняно з контрольним зразком (№ 5) зростає на 1,8—4,1 град. Встановлено закономірність збільшення показника кислотності залежно від збільшення вмісту порошку лушпиння цибулі. Це пов'язано з хімічним складом порошку лушпиння цибулі, що містить органічні кислоти, які підвищують кислотність готових виробів.

Під час варіння до готовності макаронні вироби не повинні розварюватись, втрачати форму, склеюватись між собою, утворювати грудки. Властивості макаронних виробів характеризуються такими показниками: тривалість варіння до готовності, кількість поглинутої води, втрата сухих речовин. Тривалість варіння до готовності та втрата сухих речовин визначають споживчу цінність макаронних виробів. Чим вищий показник міцності виробів, тим менше сухих речовин переходить до води під час варіння, тим міцніші вони після варіння та краще зберігають форму. Однак з підвищенням показника збільшується тривалість варіння їх до готовності та знижується кількість поглинутої під час варіння води. Із

зменшення кількості клейковини в борошні, з якого виготовляють макаронні вироби, скорочується тривалість варіння до готовності та міцність зварених виробів, підвищується об'єм поглинутої води та кількість сухих речовин, що перейшли у воду під час варіння, а також злипання зварених виробів. З підвищенням ступеня шорсткості виробів збільшується втрата сухих речовин, але скорочується тривалість варіння до готовності [19].

Результати визначення кількості поглинутої води наведено у табл. 3. Вироби високої якості повинні мати коефіцієнт збільшення маси не менше 2.

Встановлено, що досліджуваний зразок № 1 варився до повної готовності впродовж 11,55 хв, № 2 — 13,2 хв, № 3 — 14,10 хв, № 4 — 18,34 хв, № 5 (контрольний зразок) — 11,4 хв. Із збільшенням вмісту порошку лушпиння цибулі у складі макаронних виробів збільшується тривалість варіння, оскільки додаткова сировина змінює структуру тіста, роблячи її більш щільною.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники якості макаронних виробів з додаванням лушпиння цибулі

| Назва показника | Зразок № 1 | Зразок № 2 | Зразок № 3 | Зразок № 4 | Зразок № 5 (контр. зр.) |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------------------|
| Масова частка вологи, <i>W</i> , % | 9,6 | 9,9 | 10,2 | 11,6 | 7,6 |
| Кислотність, град | 1,77 | 2,9 | 2,96 | 4,74 | 0,595 |
| Коефіцієнт збільшення маси | 1,92 | 1,7 | 1,5 | 1,15 | 1,28 |

Згідно з рекомендованими нормами високу якість має зразок № 2 з вмістом 5% порошку лушпиння цибулі до маси борошна, а наближену — зразок № 1 та № 3. Встановлено, що збільшення кількості порошку лушпиння цибулі впливає на зростання маси показника кількості поглинутої води. Зразок № 1, що містить найменше порошку лушпиння цибулі (2,5%), має більшу товщину, тому площа контакту води з сухим виробом більша, а отже, поглинання води краще.

Оскільки зразок № 2 відповідає вимогам, зразок № 4 має незадовільні результати, а зразки № 1 і № 3 сумнівні, то проведено визначення втрат сухих речовин лише для останніх двох зразків. Результати визначення втрати сухих речовин під час варіння макаронних виробів наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Визначення втрати сухих речовин під час варіння макаронних виробів

| Зразок | № 1 | № 3 |
|--------------------|------|------|
| Втрати СР, % на СР | 26,7 | 32,3 |

Зі збільшенням маси додаткової сировини збільшуються втрати сухих речовин, із 26,7% на СР (зразок № 1) до 32,3% на СР (зразок № 3). Цей показник є важливим, оскільки втрачаються сухі речовини додаткової сировини, а не борошна. Це свідчить про те, що профілактичні властивості продукту можуть знижуватися через перехід поживних речовин у варильну воду. Для виробів хорошої якості показник повинен бути не більше 6 % [20].

Харчову й енергетичну цінність досліджуваних зразків макаронних виробів наведено в табл. 5.

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Таблиця 5. Енергетична і харчова цінність макаронних виробів з додаванням лушпиння цибулі

| Зразок | Харчова цінність, г | | | Енергетична цінність | |
|--------------|---------------------|------|-----------|----------------------|---------|
| | Білки | Жири | Вуглеводи | ккал | кДж |
| № 1 | 10,76 | 0,89 | 63,47 | 308,3 | 1291,1 |
| № 2 | 10,43 | 0,86 | 61,57 | 298,83 | 1252 |
| № 3 | 10,07 | 0,83 | 59,4 | 288,75 | 1208,2 |
| № 4 | 9,44 | 0,78 | 55,7 | 270,51 | 1132,4 |
| № 5 (контр.) | 11,05 | 0,98 | 69,7 | 319,4 | 1337,58 |

Примітка: зразок 1 — 2,5% лушпиння цибулі до маси борошна; зразок 2 — 5% лушпиння цибулі до маси борошна; зразок 3 — 10% лушпиння цибулі до маси борошна; зразок 4 — 12,5% лушпиння цибулі до маси борошна; зразок 5 — контрольний зразок макаронні вироби без додавання лушпиння цибулі.

Контрольний зразок має найвищу кількість білків, жирів, вуглеводів та енергетичну цінність, а з додаванням лушпиння цибулі всі показники зменшуються. Це свідчить про те, що лушпиння цибулі не несе харчової та енергетичної цінності, тому такі макаронні вироби можна класифікувати як дієтичні.

Важливим показником при споживанні макаронних виробів є забезпечення добової потреби організму в основних харчових речовинах, тобто скільки % від добової норми містять 100 г продукту (розрахунок для споживача віком 18—29 років, 1-а група інтенсивності праці) (табл. 6) [21].

Таблиця 6. Забезпечення добової потреби організму в основних харчових речовинах, %, при споживанні 100 г продукту

| Харчові речовини | Добова потреба, г | | Зразок № 1 | | Зразок № 2 | | Зразок № 3 | | Зразок № 4 | | Зразок № 5 (контрольний) | |
|------------------|-------------------|------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|--------------------------|-------|
| | ч | ж | ч | ж | ч | ж | ч | ж | ч | ж | ч | ж |
| Білки | 80 | 61 | 10,69 | 11,45 | 10,69 | 11,44 | 10,67 | 11,44 | 10,69 | 11,44 | 13,8 | 18,11 |
| Жири | 81 | 62 | 0,87 | 0,93 | 0,87 | 0,93 | 0,87 | 0,93 | 0,87 | 0,93 | 1,2 | 1,58 |
| Вуглеводи | 350 | 300 | 14,42 | 13,73 | 14,42 | 13,73 | 14,39 | 13,72 | 14,42 | 13,73 | 19,9 | 23,23 |
| Ккал | 2450 | 2000 | 12,6 | 15,4 | 12,2 | 14,9 | 11,8 | 14,4 | 11 | 13,5 | 13 | 16 |

Результати показали, що краще забезпечують добові потреби білків на $(3—7) \pm 0,5\%$, жирів на $(0,3—0,7) \pm 0,5\%$, вуглеводів $(6—10) \pm 0,5\%$ контрольний зразок — макаронні вироби без додавання лушпиння цибулі. При споживанні 100 г

макаронних виробів зразків № 1 і № 5 (контрольний) забезпечується майже однакова кількість кілокалорій.

Висновки

Отже, отримані в результаті дослідження дані свідчать про те, що макаронні вироби з додаванням порошку лушпиння цибулі є новим напрямом розширення асортименту цього продукту, покращення його смакових і харчових властивостей.

Під час дослідження якості було встановлено, що додавання порошку лушпиння цибулі у кількості менше ніж 2,5% не впливає на показник якості макаронних виробів, а в разі додавання більше 12,5% призводить до перевитрат та погіршення споживних властивостей виробів. Оптимальний вміст порошку — 5% до маси борошна, оскільки така кількість не призведе до перевитрат і покращить якість.

Показник втрат сухих речовин є надзвичайно високим, що може свідчити про перехід у варильну воду важливих речовин (в тому числі флавоноїдів, амінокислот тощо). Для підтвердження біологічної цінності таких макаронних виробів слід провести ряд досліджень, які визначатимуть кількість життєво необхідних речовин у макаронних виробках до та після готовності.

Перспективним напрямом досліджень є встановлення вмісту кверцетину в макаронних виробках з додавання порошку лушпиння цибулі для підтвердження їхньої підвищеної харчової цінності.

Література

1. Єльцова Л. Б. Моніторинг середньодобового споживання хлібних, круп'яних та макаронних виробів у раціоні студентської молоді. IX International Scientific and Practical Conference «International Trends in Science and Technology». 2019. № 2. С. 10—16. URL: <http://ir.librarynmu.com/handle/123456789/1538/>.

2. Осипова Г. А., Корячкина С. Я., Волчков А. Н. Способы повышения биологической ценности макаронных изделий: монография. Орёл: Орёл ГТУ, 2010. 159 с.

3. Шевцов І. М. Фармакогностичне вивчення *Allium cepa L.* та отримання його на основі лікарських субстанцій: автореф. дис. ... канд. фармац. наук: 15.00.02. Харків, 2011. 22 с. URL: <https://dspace.nuph.edu.ua/handle/123456789/558>.

4. Kim Y. J., Seo S. G., Choi K., Kim J. E., Kang H., Chung M. Y., Lee K. W., Lee H. J. Recovery effect of onion peel extract against H₂O₂ -induced inhibition of gapjunctional intercellular communication is mediated through quercetin. *Journal of Food Science*. 2014. № 79(5). P. 1011—1017.

5. Pak B. S., Naseri M. K., Arabian M. M., Badavi M. X. Vasorelaxant and hypotensive effects of *Allium cepa* peel hydroalcoholic extract in rat. *Pakistan journal of medical sciences*. 2008. № 15(12). P. 1569—1575.

6. Lee K. H., Park E. I., Lee H. J., Kim M. O., Cha Y. J., Kim J. M., Lee H., Shin M. J. Effects of daily quercetin-rich supplementation on cardiometabolic risks in male smokers. *Nutr Res Pract*. 2011. № 5(1). P. 28—33.

7. Lee S. M., Moon J., Do H. J., Chung J. H., Lee K. H., Cha Y. J., Shin M. J. Onion peel extract increases hepatic low-density lipoprotein receptor and ATPbinding cassette transporter A1 messenger RNA expressions in Sprague-Dawley rats fed a highfat diet. *Nutr Res Pract*. 2012. № 32(3). P. 210—217.

8. Lines T. C., Ono M. P. An extract of red onion peel, strongly inhibits phosphodiesterase 5A (PDE 5A). *Phytomedicine*. 2006. № 13(4). P. 236—239.

9. Пешук Л. В., Іванова Т. М., Гавалко Ю. В. Перспективи використання вторинної кверцетин вмісної сировини (лушпиння цибулі та часнику) і лікарських трав у технології спеціальних м'ясних продуктів. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Том 22, № 5. С. 238—244.

10. Патент 29231 UA, МПК A23L1/16, A23L1/214, A23L1/22. Макаронні вироби / Юрчак В. Г.; заявник Національний університет харчових технологій, № 98020678; заявл. 09.02.1998; опубл. 16.10.2000.

11. Патент 70677 UA, МПК A23L1/16, A23L1/03, A23L1/32. Макаронні вироби / Юрчак В. Г.; заявник Національний університет харчових технологій, № 20031212092; заявл. 23.12.2003; опубл. 15.10.2004.

12. Патент 44121 UA, МПК A23L1/16. Макаронні вироби / Юрчак В. Г.; заявник Національний університет харчових технологій, № u200901155; заявл. 13.02.2009; опубл. 25.09.2009, Бюл. № 18, 2009 р.

13. Патент 118069 UA, МПК A23L7/00. Макаронні вироби з порошком глоду / Голікова Т. П., Орлова О. О.; заявник Національний університет харчових технологій, № u201613495; заявл. 28.12.2016; опубл. 25.07.2017, Бюл. № 14, 2017 р.

14. Piechowiak T., Grzelak-Błaszczak K., Bonikowski R., Balawejder M. / Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. January 2020. LWT 117:108614. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108614>.

15. ДСТУ 7348:2013. Вироби макаронні. Правила приймання і методи визначення якості. [Чинний від 2013-08-22]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2013. 17 с.

16. Фалендиш Н. О., Терлецька В. А., Зінченко І. М., Федорова Т. О. Технохімічний контроль в технології галузі: Конспект лекцій для студ. за напрямом підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» ден. та заоч. форм навч. К.: НУХТ, 2012. 44 с.

17. Дробот В. І., Арсеньєва Л. Ю. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва. Навчальний посібник. К.: Центр навчальної літератури, 2006. 341 с.

18. ДСТУ 7043:2009. Вироби макаронні. Загальні технічні умови. [Чинний від 2009-06-25]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 17 с.

19. Пузік Л. М., Рожков А. О. Технологія зберігання продукції рослинництва. Харків: ХНАУ, 2015. 496 с.

20. Черевата Т. М. Товарознавча оцінка якості вермішелі довгої. *Зернові продукти і комбікорми*. 2014. № 1(53). С. 29—32.

21. Наказ «Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії»: за станом на 03 вересня 2017 р. / Верховна Рада України. Офіц. вид. Київ: Парлам. вид-во, 2017. 72 с.

Зміст журналу
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
за 2020 рік

Автоматизація та інформаційні технології

- Лобок О. П., Гончаренко Б. М., Віхрова Л. Г.* Мінімаксне та H^{∞} -оптимальне керування лінійними нестационарними системами № 2
- Струзік В. А., Грибков С. В., Чобану В. В.* Категорія рефакторинг доступу № 2
- Ладанюк А. П., Власенко Л. О., Луцька Н. М., Смітюх Я. В., Бойко Р. О.* Автоматизовані технологічні комплекси: сучасні методи, задачі аналізу та синтезу. Частина 1. Аналіз проблеми № 3
- Шишак А. В., Пупена О. М.* Керування життєвим циклом людино-машинних інтерфейсів № 3
- Чумаченко С. М., Мошенський А. О., Савицька Я. А., Смолій В. В.* Синтез оцінки стану складної системи методами кластеризації № 3
- Качанов П. О., Євсєєнко О. М., Півненко А. М.* Автоматизована система керування мікрокліматом грибною ферми № 3
- Роговик А. В., Ельперін І. В., Засць Н. А.* Концептуальний опис електротехнологічного комплексу цукрового заводу № 4
- Ладанюк А. П., Власенко Л. О., Луцька Н. М., Смітюх Я. В., Бойко Р. О.* Автоматизовані технологічні комплекси: сучасні методи, задачі аналізу та синтезу. Частина 2. Приклади реалізації і проблема технологічних ризиків № 4
- Бокоч І. В., Трегуб В. Г., Клименко О. М.* Логічна модель періодичних процесів в утфельних вакуум-апаратах з двоетапною кристалізацією № 4
- Грама М. П., Сідлецький В. М., Ельперін І. В.* Аналіз системи автоматизації випарної установки з нейромережєвим регулятором № 6

Безпека харчових продуктів і охорона праці

- Горцева Л. В., Костюченко Т. П., Стаднічук Н. О., Міхлик І. В., Кроніковський О. І.* Особливості безпечного використання і токсикологічна оцінка сучасного харчового пакування та вимоги до нього № 2
- Українець А. І., Большак Ю. В., Маринін А. І., Каганов В. Я., Святненко Р. С.* Вода: між довкіллям і життям № 5
- Кучеренко В. М., Білько М. В.* Щодо кількісного вмісту метанолу у винах ізабельних сортів винограду та його вплив на здоров'я споживачів № 6
- Жерносеков Д. Д., Сакович В. В., Штена В. Н., Заец Н. А.* Оцінка ефективності практичного використання дезінфектантів, отриманих хімічним і електрохімічним способами № 6
- Шевченко О. Ю., Сімахіна Г. О., Шевченко А. О.* Оздоровче харчування в контексті продовольчої безпеки в Україні № 6

Біотехнології

- Пирог Т. П., Тимошук К. В., Ключка І. В.* Альтернативні антибіотикам антимікробні препарати № 1
- Харченко С. В., Скроцька О. І.* Використання мікроорганізмів для біогенного синтезу наночасток № 2
- Черепанський В. В., Грегірчак Н. М.* Особливості технологічного процесу виробництва пробіотичного препарату на основі лактобацил № 3
- Пирог Т. П., Петренко Н. М., Палійчук О. І.* Дія на мікроорганізми поверхнево-активних речовин, синтезованих *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 на промислових відходах № 3
- Вискірко С. І., Скроцька О. І.* Протипухлинна активність і деякі аспекти біотехнології мікробних протиракових метаболітів № 3
- Вороненко А. А., Ярош М. Б., Пирог Т. П.* Біоконверсія відпрацьованої олії в мікробний екзополісахарид етаполан для природоохоронних технологій № 4
- Хоньків М. О., Тетеріна С. М., Даниленко С. Г., Потемська О. І.* Використання багатокритеріальної оптимізації поживного середовища для накопичення біомаси молочнокислих бактерій № 4

| | |
|--|-----|
| <i>Пирог Т. П., Ключка Л. В., Ключка І. В., Антонюк С. І., Бахтій О. Л., Жалюк Д. В.</i> | № 5 |
| Синергізм антимікробної активності суміші поверхнево-активних речовин <i>Rhodococcus erythropolis</i> ІМВ Ас-5017 з іншими біоцидними сполуками | |
| <i>Юнгін О. С., Майстренко Л. А., Ребрикова П. А., Дука І. В.</i> | № 5 |
| Здатність штамів <i>S. aureus</i> формувати біоплівки на колагенових матрицях | |
| <i>Данилович А. Г., Ліщук В. І.</i> | № 5 |
| Формування гідрофобізованих шкіряних і хутрових матеріалів | |
| <i>Потапенко В. В., Скроцька О. І.</i> | № 5 |
| Отримання практично цінних сполук з використанням рекомбінантних дріжджів <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . Частина 1: синтез етанолу, бутанолу та ізобутанолу | |
| <i>Касьяненко Л. М., Демидов І. М., Шеманська Є. І.</i> | № 5 |
| Одержання мастил із жирової сировини | |
| <i>Ярош М. Б., Пирог Т. П., Скроцька О. І.</i> | № 6 |
| Біологічна активність мікробних полісахаридів | |
| <i>Видасов Н. В., Лихова О. О., Козак Т. П., Безденежних Н. М., Тетеріна С. М.</i> | № 6 |
| Вплив гіперінсулінемії на біологічні властивості клітин раку молочної залози людини нової клітинної лінії ВСС/Р | |
| Економіка, менеджмент і маркетинг | |
| <i>Жужужкіна Н. І., Корєнова А. О.</i> | № 1 |
| Динаміка ВВП як запобіжник подолання бідності | |
| <i>Мілінецька В. Д., Кудренко Н. В.</i> | № 1 |
| Поняття та види інформаційних систем в управлінні підприємством | |
| <i>Денисенко М. П., Поліщук М. Р., Білько М. В.</i> | № 1 |
| Співробітництво України з міжнародними фінансовими організаціями | |
| <i>Чернелєвський Л. М., Дьоміна М. І.</i> | № 1 |
| Модернізація Державної податкової служби на прикладі електронного кабінету платника податків | |
| <i>Мельник О. П., Казимірчик Н. М.</i> | № 1 |
| Застосування концепції кайзен на підприємствах харчової промисловості | |
| <i>Еш С. М., Гончаренко А. С.</i> | № 1 |
| Роль фондових бірж у розвитку економіки України | |
| <i>Кравченко І. Й.</i> | № 1 |
| Підходи до визначення оцінки та класифікації речовин із солодким смаком | |
| <i>Еш С. М., Герасименко Д. Д.</i> | № 2 |
| Стан впровадження децентралізації в Україні | |
| <i>Бікулов Д. Т., Гаркуша В. А., Головань О. О., Олійник О. М., Маркова С. В.</i> | № 2 |
| Стратегічний менеджмент портфеля брендів структурного підрозділу ТНК на локальному ринку | |
| <i>Драган О. І., Чеснік Н. М.</i> | № 2 |
| Досвід впровадження системи екологічного менеджменту на підприємствах олійно-жирової галузі | |
| <i>Кундєєва Г. О.</i> | № 2 |
| Капітал здоров'я як базовий компонент людського капіталу | |
| <i>Пенчук Г. С., Закревська Л. М.</i> | № 2 |
| Особливості розроблення та презентації бізнес-проєктів | |
| <i>Скопенко Н. С., Євсєєва-Северина І. В.</i> | № 2 |
| Ризик-менеджмент як необхідна складова системи економічної безпеки виробничих підприємств | |
| <i>Мельник А. О., Поліщук М. Р., Білько М. В.</i> | № 3 |
| Реалізація проєктів Міжнародного банку реконструкції та розвитку в Україні | |
| <i>Бойко С. В., Дячук Я. С.</i> | № 3 |
| Позиція державних банків у банківській системі України: аспект рентабельності | |
| <i>Страшинська Л. В., Никоненко А. В.</i> | № 3 |
| Вітчизняний ринок кондитерських виробів в аспекті загальносвітових тенденцій розвитку | |
| <i>Скопенко Н. С., Євсєєва-Северина І. В.</i> | № 3 |
| Безпечність харчових продуктів як важлива складова конкурентоспроможності підприємств | |
| <i>Льчук М. М., Радько В. І., Дмитрук М. І., Кучеренко В. М.</i> | № 3 |
| Розвиток виноградарства в підприємствах півдня України | |
| <i>Курченко К. М., Грищенко Д. Г.</i> | № 3 |
| Фактори і проблеми, що впливають на розвиток ділової кар'єри сучасної особистості | |
| <i>Скопенко Н. С., Євсєєва-Северина І. В.</i> | № 4 |
| Застосування сучасних інформаційних систем і технологій в управлінні з метою підвищення конкурентоспроможності підприємств | |
| <i>Роганова Г. О., Щербакова К. В.</i> | № 4 |
| Оцінка ліквідності та платоспроможності підприємства кондитерської промисловості | |
| <i>Арич М. І., Корнієнко М. В., Крипак Я. В., Діденко Т. С.</i> | № 6 |
| Інфляція та страхування як фактори впливу на безпеку продовольчого ринку: двофакторний регресійний аналіз | |

- Зайнчковський А. О., Алюшкіна Т. В.* Формування системи стимулювання праці з метою підвищення ефективності діяльності підприємства № 6
- Скопенко Н. С., Євсєєва-Северина І. В., Бойко І. А., Капля Д. В.* Сучасні підходи до формування ефективної інноваційної політики підприємства № 6
- Механічна та електрична інженерія**
- Турчина Т. Я., Малецька К. Д., Жукотський Е. К.* Досвід удосконалення розпилувальної сушарки для екстрактів термопластичних матеріалів № 1
- Поржезінський Ю. Г.* Нові технологічні рішення у підготовці води для водогрійних котлів і теплових мереж № 1
- Шевченко О. Ю., Бедрик О. В., Малета В. М.* Визначення оптимального числа флегми для ректифікаційної колони циклічної дистиляції та порівняння його із стаціонарним № 1
- Соколенко А. І., Васильківський К. В., Літвинчук С. І.* Енергоматеріальні імпульси в газорідних середовищах № 1
- Онищенко Я. Д., Замуло А. І.* Системний підхід в енергетичному менеджменті як аналітичний засіб для оцінювання енергоємних процесів на підприємствах харчової промисловості України № 2
- Шевченко О. Ю., Бедрик О. В., Малета В. М.* Моделювання ректифікаційної колони з циклічним режимом роботи при виробництві етанолу № 2
- Буляндра О., Гапонич Л., Голенко І., Топал О.* Перспективи використання палива з твердих побутових відходів на ТЕЦ цукрових заводів № 3
- Петренко В. П., Прядко М. О., Рябчук О. М., Цьось А. Л.* Моделювання теплообміну у вільно стікаючих слаботурбулентних плівках рідини під час пароутворення № 3
- Стрельченко Л. В., Дубковецький І. В.* Енергоефективність від впровадження конвективно-терморадіаційної сушильної установки з тепловим насосом № 3
- Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Васильківський К. В., Літвинчук С. І.* Оцінка перспектив використання вторинних енергетичних ресурсів варильних відділень пивзаводів № 3
- Кирик І. М., Гуринова Т. А., Кирик А. В., Селех В. І.* Исследование технологических параметров при выпечке заварных ржано-пшеничных хлебов в параконвекционных пекарных камерах № 3
- Долінський А. А., Малецька К. Д., Авдєєва Л. Ю., Гартвіг А. П., Макаренко А. А.* Перспективи використання сучасних вітчизняних розпилувальних сушарок для переробки продукції агропромислового комплексу № 4
- Мирончук В. Г., Змієвський Ю. Г., Захаров В. В., Корнієнко Л. В.* Методика визначення достовірності ймовірно-статистичної моделі розрахунку процесу озонування № 4
- Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Костюк В. С., Літвинчук С. І.* Системи утилізації вторинної пари сушловарильних апаратів № 4
- Рябчук О. М., Мирошник М. М., Бойко В. О., Грищенко Р. В., Павліченко В. А.* Способи регулювання холодопродуктивності станцій з поршневіми компресорами № 4
- Шестеренко В. Є., Изволенський І. Є., Мащенко О. А.* Аналіз рівня вищих гармонік у системі електропостачання цукрових заводів № 4
- Шупчинська К. С., Олійник О. М., Ткаченко І. Г., Антоненко Н. М.* Напрямки підвищення енергоефективності тришарового покриття теплиць № 4
- Поржезінський Ю. Г.* Дослідження гідродинаміки і теплообміну в трубах випарних апаратів з натуральною циркуляцією № 4
- Марценюк О. С.* Емульгування в апаратах з регулярними перфорованими насадками № 4
- Бабанова О. І., Бабанов І. Г., Шевченко А. О.* Інтенсифікація виробництва сухих тваринних кормів з метою удосконалення обладнання № 5
- Якимчук М. В., Гавва О. М., Кривопляс-Володіна Л. О., Токарчук С. В., Якимчук В. М.* Вплив інерційних і геометричних параметрів вакуумних захоплювальних пристроїв на допустиме зусилля утримання тарно-штучних вантажів № 5
- Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Костюк В. С., Літвинчук С. І.* Інтенсифікація масо-передачі в газорідних системах № 5
- Петренко В. П., Рябчук О. М., Масліков М. О., Францішко А. П.* Теплообмін у кільцевих низхідних слаботурбулентних парорідних потоках під час пароутворення № 6

- Топал О. І., Голенко І. Л., Гапонич Л. С.* Вибір технологій термічної утилізації твердих побутових відходів та альтернативних палив для енергетичного сектору України № 6
- Слюсенко А. М., Пономаренко В. В., Лементар С. Ю., Пушанко М. М.* Дослідження впливу конструктивних елементів приймальної камери на експлуатаційні характеристики рідинно-газового ежектора № 6
- Соколенко А. І., Бут С. А., Ступак Ю. О.* Динаміка перехідних процесів у лініях пакування харчової продукції № 6
- Стадник І. Я., Паньків Ю. Ю., Піддубний В. А.* Визначення питомої потужності при змішуванні компонентів № 6
- Валентюк Н. О., Станкевич Г. М.* Особливості післязбиральної обробки зерна амаранту № 6
- Шило І. Н., Поздняков В. М., Зеленко С. А.* Исследование производительности вибропневматического оборудования № 6
- Фізико-математичні науки**
- Медвідь Н. В., Гнатівський О. В.* Динамічні резонанси енергії в системі дифракційних решіток № 1
- Король А. М., Медвідь Н. В.* Особливості руху псевдорелятивістських діраківських квазічастинок в альфа-Т₃ моделі зі сходинкоподібним бар'єром № 2
- Харчові технології**
- Сімахіна Г. О., Камінська С. В., Литвинець Л. Ф.* Характеристика ресурсних складових інноваційного підприємства з виробництва заморожених плодів і ягід № 1
- Божко Н. В., Тищенко В. І., Пасічний В. М.* Дослідження споживчої та біологічної цінності м'ясомістких посічених напівфабрикатів № 1
- Григоренко Н. О., Гусятинська Н. А., Вакулюк П. В., Чібріков В. В.* Удосконалення технології цукровмісного соргового сиропу з використанням мембранних методів № 1
- Камбулова Ю. В., Звягінцева-Семенець Ю. П., Реітнік Н. Я.* Формування мікроструктури емульсійно-пінної структури кремів із збитих вершків пониженої жирності з лактулозою № 1
- Кочубей-Литвиненко О. В., Білик О. А.* Перспективи використання сухих багатокомпонентних концентратів на основі молочної сироватки в технології хліба пшеничного № 1
- Дудко С. Д., Федоров В. Г.* Досягнення і проблеми у вивченні процесу випікання масивних борошняних виробів: огляд літератури. Частина 2: тепло і масоперенос у пекарній камері печі № 1
- Сильчук Т. А., Сахненко К. О., Зуйко В. І.* Шляхи розширення асортименту хлібних виробів для закладів ресторанного господарства № 1
- Матко С. В., Мельник Л. М., Ткачук Н. А., Зоткіна Л. В.* Дослідження змін в овочевій сировині в процесі ферментування № 1
- Корж Т. В., Супрун-Крестова О. Ю., Кирилюк В. В.* Вплив параметрів водотеплового оброблення насіння льону на перехід сухих речовин у воду № 1
- Романова З. М., Лойко С. М., Романов М. С.* Удосконалення технології пива завдяки використанню пряно-ароматичної рослинної сировини № 1
- Шеманська Є. І., Мачин Н. В.* Технологічні режими пресування олійних культур родини хрестоцвітих № 1
- Жук В. О., Шевченко І. І.* Переваги використання білково-жирових емульсій у технології реструктурованих шинкових виробів № 1
- Дорохович В. В.* Борошняні кондитерські вироби для хворих на цукровий діабет із застосуванням продуктів переробки моркви № 1
- Сімахіна Г. О., Висоцький О. О.* Печиво модифікованого вуглеводного складу для діабетичного харчування № 2
- Романова З. М., Федорова Н. В., Романов О. С.* Дослідження впливу часткової заміни хмелю нетрадиційною сировиною на показники готового пива № 2
- Удовенко О. О., Гладкий Ф. Ф., Литвиненко О. А., Куниця К. В., Ситнік Н. С.* Модифіковані жири: окиснювальна стабільність і визначення шляхів застосування у складі харчових продуктів № 2
- Дорохович В. В., Грицевіч М. Ю., Лоза І. П.* Проблематика розроблення кондитерських виробів для хворих на фенілкетонурию № 2
- Бойко М. І.* Використання софори японської як нетрадиційної сировини у пивоварній промисловості № 2

| | |
|--|-----|
| <i>Капустян А. І., Черно Н. К.</i> Поліфункціональні харчові інгредієнти на основі комплексів біометалів зі сполуками пробіотичного походження | № 2 |
| <i>Шевченко І. І., Поліщук Г. Є., Філоненко М. І., Осмак Т. Г.</i> Вивчення структуруючих властивостей трансглютамінази у білоквмісних системах | № 2 |
| <i>Білик О. А., Бурченко Л. М., Халікова Е. Ф., Йолтухівська А. В.</i> Вплив суміші прощених зернових культур на основні технологічні параметри і якість хліба пшеничного | № 2 |
| <i>Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М., Грищенко А. М., Анич А. М.</i> Застосування операції гідратації насіння льону у виробництві пшеничного хліба | № 2 |
| <i>Горгачова К. Г., Макарова О. В., Хвостенко К. В., Фатєєва А. С.</i> Використання борошна з м'язоцерної пшениці при виробництві цукрових і листових вафель | № 2 |
| <i>Любич В. В., Желєзна В. В., Єремєєва О. А.</i> Якість екструдату із зерна пшениці м'якої залежно від сорту та лінії | № 3 |
| <i>Авдєєва Л. Ю., Декуша Г. В., Жукотський Е. К.</i> Ферментативні білкові гідролізати для спеціалізованих харчових продуктів | № 3 |
| <i>Москалюк О. С., Гащук О. І., Бреус Н. М.</i> Математико-статистична оцінка досліджених показників інноваційних м'ясних паштетів | № 3 |
| <i>Пасічний В. М., Хорунжа Т. О., Полумбрик М. М.</i> Дослідження впливу пастеризації на органолептичні, реологічні та фізико-хімічні характеристики сосисок | № 3 |
| <i>Алексєєнко М. С., Литвяк В. В., Суса А. Г., Грабовська Е. В., Галенко О. О.</i> Оптимізація технологічних режимів кислотного гідролізу картопляного крохмалю | № 3 |
| <i>Сімахіна Г. О., Камінська С. В.</i> Стан і перспективи розвитку вітчизняного ринку заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів | № 3 |
| <i>Сімахіна Г. О.</i> Кріоушкодження плодів та ягід і методи захисту клітинних структур при заморожуванні | № 4 |
| <i>Махінко В. М., Махінко Л. В.</i> Розрахункові методики ФАО/ВООЗ для оцінювання якості харчового білка | № 4 |
| <i>Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Кочубей-Литвиненко О. В., Андронович Г. М.</i> Насіння льону як рецептурний компонент хлібобулочних виробів | № 4 |
| <i>Романова З. М., Романов О. С., Терлецька В. А.</i> Використання нетрадиційної сировини та її вплив на показники готового пива | № 4 |
| <i>Самченко І. О., Олійник С. І.</i> Дослідження адсорбційної активності активованого та модифікованого вуглецевого волокна для очищення сортівок | № 4 |
| <i>Белінська К. О., Фалендиш Н. О.</i> Дослідження змін сухих молочних сумішей для дитячого харчування в процесі їх зберігання | № 4 |
| <i>Юкало В. Г., Сторож Л. А., Семенишин Г. М.</i> Протеоліз казеїнових фракцій ензимами лактококів | № 5 |
| <i>Іщенко В. М., Охмакевич А. М., Іщенко М. В., Панчук Т. К.</i> Визначення йонного кальцію у вині | № 5 |
| <i>Михайлов В. М., Загорулько О. Є., Загорулько А. М., Касабова К. Р.</i> Технологічно-апаратурне вдосконалення процесів виробництва купажованих плодово-ягідних напівфабрикатів | № 5 |
| <i>Белінська К. О., Фалендиш Н. О.</i> Дослідження впливу температури сушіння на органолептичні показники та хімічний склад молока | № 5 |
| <i>Оципко І. М.</i> Технологічні режими безпечної обробки м'ясної сировини під вакуумом | № 5 |
| <i>Красуля О. О., Олінчук В. П.</i> Технологія плавлених сирів з використанням сухого сироваткового білкового концентрату | № 5 |
| <i>Применко В. Г., Геліх А. О., Головок М. П., Головок Т. М.</i> Технологія кетчупу, збагаченого селеном | № 5 |
| <i>Паска М. З., Радзімовська О. В., Бурак М. І.</i> Розробка нових видів делікатесних продуктів спеціального призначення | № 5 |
| <i>Котляр Є. О., Вікуль С. І., Севастьянова О. В., Дец Н. О., Кручек О. А.</i> Технологія косметичного лосьйону на основі водно-спиртового екстракту з м'ятки виноградногo насіння | № 5 |
| <i>Сімахіна Г. О., Науменко Н. В.</i> Оптиміальний підбір амінокислот для подолання білкового дефіциту | № 5 |

- Кочубей-Литвиненко О. В., Білик О. А., Дубівко А. С., Висоцький О. О., Швець Д. П.* Дослідження впливу електроіскрового оброблення на білки молочної сироватки № 5
- Борук С. Д.* Антиоксидантна здатність та органолептичні характеристики кондитерських виробів з додаванням какао і керобів № 5
- Кузьмик У. Г., Ющенко Н. М., Басс О. О., Миколів І. М.* Дослідження показника активності води паст кисломолочних № 6
- Лисенко О. Л., Гирич С. В., Бондаренко Ю. В., Білик О. А.* Збагачення желейного мармеладу кальцієм завдяки використанню молока з метою надання статусу функціонального харчового продукту № 6
- Гаврюшенко К. О., Гладкий Ф. Ф., Горбач Т. В.* Експериментальна оцінка можливої токсичності етилстеарату за умов використання його як харчового продукту № 6
- Матко С. В., Левківська Т. М., Ткачук Н. А.* Удосконалення технології виробництва соковмісних напоїв з використанням дикорослої сировини № 6
- Дричик М. Ю., Чорна А. І.* Споживні властивості макаронних виробів з додаванням порошку лушпиння цибулі № 6
- Хімічні науки**
- Фоменко В. В., Кроніковський О. І.* Наноматеріали: перспективи використання та ризику для біосфери № 1
- Костенко Є. Є., Ганчук В. Д., Бутенко О. М.* Моніторинг нітратів і заходи щодо їх зменшення у рослинній продукції № 3
- Чорний В. М., Мисюра Т. Г., Попова Н. В., Зав'ялов В. Л.* Спосіб кількісного визначення бурштинової кислоти в екстрактах бурштину № 4

Contents of the journal
“Scientific Works of the National University of Food Technologies”
for 2020

Automation and Information Technologies

- Lobok O., Goncharenko B., Vihrova L.* Minimax and H^∞ -optimal control of linear unsteady systems # 2
- Struzik V., Hrybkov S., Chobanu V.* Access refactoring category # 2
- Ladanyuk A., Vlasenko L., Lutska N., Smityuh Y., Boyko R.* Automated technological complexes: modern methods and problems of analysis and synthesis. Part 1. Analysis of the problem # 3
- Shyshak A., Pupena O.* Management of human-machine interface lifecycle # 3
- Chumachenko S., Moshensky A., Savitskaya I., Smolii V.* Complex systems state overall estimation synthesis by clustering methods # 3
- Kachanov P., Yevseienko O., Pivnenko A.* Mushroom farm automated control system # 3
- Rohovyk A., Elperin I., Zaiets N.* Conceptual description of the electrotechnological complex of the sugar plant # 4
- Ladanyuk A., Vlasenko L., Lutska N., Smityuh Y., Boyko R.* Automated technological complexes: modern methods and problems of analysis and synthesis. Part 2. Examples of implementation and the problem of technological risks # 4
- Bokoch I., Tregub V., Klumenko O.* Logical model of periodic processes in massecuite vacuum devices with two-stage crystallization # 4
- Hrama M., Sidletskiy V., Elperin I.* Analysis of evaporation automation system with neural network regulator # 6

Food Products Safety and Occupational Health

- Gorceva L., Kostjuchenko T., Stadnichuk N., Mihlik I.* Peculiarities of safe use and toxicological assessment of modern food packaging and its requirements # 2
- [Ukrainets A.], Bolshak Yu., Marynin A., Kaganov V., Svyatnenko R.* Water: between the environment and life # 5
- Kucherenko V., Bilko M.* The quantitative content of methanol in wines of isabel grape varieties and its impact on consumer health # 6
- Zhernosekov D., Sakovich V., Shtepa V., Zaiets N.* Evaluation of the effectiveness of the practical use of disinfectants obtained by chemical and electrochemical methods # 6
- Shevchenko O. Yu., Simakhina G. O., Shevchenko A. O.* Nutrition for well-being within the context of food security in Ukraine # 6

Biotechnology

- Pirog T., Tymoshuk K., Kliuchka I.* Antimicrobial preparations alternative to antibiotics # 1
- Kharchenko Y., Skrotska O.* The use of microorganisms for biogenic synthesis of nanoparticles # 2
- Cherepanskyi V., Hrehirchak N.* Peculiarities of the technological process of manufacture of probiotic preparation on the basis of lactobacilli # 3
- Pirog T., Petrenko N., Paliichuk O.* Action on microorganisms of surfactants synthesized by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 on industrial waste # 3
- Vyskirko S., Skrotska O.* Anti-tumor activity and some aspects of biotechnology of microbial anti-cancer metabolites # 3
- Voronenko A., Yarosh M., Pirog T.* Bioconversion of waste oil to microbial exopolysaccharide ethapolan for environmental technologies # 4
- Khonkiv M., Teterina S., Danylenko S., Potemka O.* Use of multicriterial optimization of the growth medium for accumulation of biomass of lactic acid bacteria # 4
- Pirog T., Kliuchka L., Kliuchka I., Antoniuk S., Bakhtii O., Zhaliuk D.* Synergism of the antimicrobial activity of the mixture of *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 surfactants with other biocidal compounds # 5
- Iungin O., Maistrenko L., Rebrykova P., Duka I.* Biofilm-formation ability of *S. aureus* on collagen matrices # 5
- Danylkovych A., Lishchuk V.* Production of hydrophobized leather and fur materials # 5
- Potapenko V., Skrotska O.* Obtaining practically valuable compounds with the use of recombinant yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Part one: synthesis of ethanol, butanol and isobutanol # 5
- Kasianenko L., Demidov I., Shemanskaya Y.* Obtaining lubricants based on fatty raw materials # 5
- Yarosh M., Pirog T., Skrotska O.* Biological activity of microbial polysaccharides # 6

| | |
|---|-----|
| <i>Vydasov N., Lykhova A., Kozak T., Bezdienieznykh N., Teterina S.</i> The effect of hyperinsulinemia on the biological properties of human breast cancer cells of the new BCC/P cell line | # 6 |
| Economy, Management and Marketing | |
| <i>Zhuzhukina N., Korieпова A.</i> Gross Domestic Product dynamics as a fuse of poverty overcome | # 1 |
| <i>Milivska V., Kudrenko N.</i> The concept and types of information systems in management of enterprise | # 1 |
| <i>Denisenko M., Polishchuk M., Bilko M.</i> Cooperation of Ukraine with international financial organizations | # 1 |
| <i>Chernelevsky L., Diomina M.</i> Modernization of the State Tax Service on the example of the taxpayer's electronic cabinet | # 1 |
| <i>Melnyk O., Kazymirchuk N.</i> Use of the Kaizen concept at the food enterprise | # 1 |
| <i>Esh S., Honcharenko A.</i> The role of Stock Exchanges in the development of the economy of Ukraine | # 1 |
| <i>Kravchenko I.</i> Approaches to determination of assessment and classification of substances with sweet taste | # 1 |
| <i>Esh S., Gerasimenko D.</i> The state of implementation the decentralization in Ukraine | # 2 |
| <i>Bikulov D., Harkusha V., Holovan O., Oliylyk O., Markova S.</i> Strategic management of TNC local subdivision brand portfolio on the local market | # 2 |
| <i>Dragan O., Chesnik N.</i> Experience of introduction of ecological management system on the enterprises of oil and fat processing industry | # 2 |
| <i>Kundieieva G.</i> Health capital as the basic component of human capital | # 2 |
| <i>Penchuk H., Zakrevska L.</i> Features of development and presentation of business projects | # 2 |
| <i>Skopenko N., Yevsieieva-Severyna I.</i> Risk management as an essential element of enterprise economic security system | # 2 |
| <i>Melnyk A., Polishchuk M., Bilko M.</i> Implementation of International bank of reconstruction and development projects in Ukraine | # 3 |
| <i>Boiko S., Diachuk Ya.</i> The position of state-owned banks in the banking system of Ukraine: the aspect of the rate of return | # 3 |
| <i>Strashynska L., Nikonenko A.</i> Domestic market of confectionery products in the aspect of general world development trends | # 3 |
| <i>Skopenko N., Yevsieieva-Severyna I.</i> Food safety as an important component of enterprise competitiveness | # 3 |
| <i>Ilichuk M., Radko V., Dmytruk M., Kucherenko V.</i> Viticulture development in the enterprises at the south of Ukraine | # 3 |
| <i>Kurchenko K., Hryshchenko D.</i> The development of the modern personality's business career | # 3 |
| <i>Skopenko N., Yevsieieva-Severyna I.</i> Modern information systems and technologies implementation in management for increasing competitiveness of enterprises | # 4 |
| <i>Rohanova H., Shcherbakova K.</i> Assessment of liquidity and solvency of the plant of confectionery industry | # 4 |
| <i>Arych M., Korniienko M., Kripak Y., Didenko T.</i> Inflation and insurance as factors influencing food market security: a two-factor regression analysis | # 6 |
| <i>Zainchkovsky A., Aliushkina T.</i> Formation of system of stimulation of labor for the purpose of increasing efficiency of activity of the enterprise | # 6 |
| <i>Skopenko N., Yevsieieva-Severyna I., Boiko I., Kaplia D.</i> Modern approaches to the formation of an effective innovation policy of the enterprise | # 6 |
| Mechanical and Electrical Engineering | |
| <i>Turchyna T., Maletzka K., Zhukotskyi E.</i> Experience of improvement of spray dryer for thermoplastic material extractors | # 1 |
| <i>Porzhezinsky U.</i> New technological solutions for the preparation of water for hot water boilers and thermal systems | # 1 |
| <i>Shevchenko O., Bedrick O., Maleta V.</i> Determination of the optimal phlegm number for the rectification column of a cycle distillation and comparing it to a stationary column | # 1 |
| <i>Sokolenko A., Vasylykivsky K., Litvynchuk S.</i> Energy material impulses in gas-liquid media | # 1 |

| | |
|---|-----|
| <i>Onyshchenko Y., Zamulko A.</i> System approach in energy management as an analytical tool for evaluating energy-intensive processes in the food industry of Ukraine | # 2 |
| <i>Shevchenko O., Bedrick O., Maleta V.</i> Rectification column modeling with a cycle operation mode in the production of ethanol | # 2 |
| <i>Bulyandra O., Haponych L., Golenko I., Topal O.</i> Prospects of the use of fuel from municipal solid waste at TPP of sugar factories | # 3 |
| <i>Petrenko V., Pryadko M., Riabchuk O., Tsoys A.</i> Heat transfer modeling in a freely flowing evaporating weakly turbulent liquid film | # 3 |
| <i>Strelchenko L., Dubkovetskyi I.</i> Energy efficiency from the introduction of convective-thermoradiation drying equipment with a heat pump | # 3 |
| <i>Sokolenko A., Shevchenko O., Vasylykivsky K., Litvinchuk S.</i> Assessment of prospects for the use of secondary energy resources of breweries | # 3 |
| <i>Kirik I., Gurinova T., Kirik A., Celech V.</i> Study on technological parameters for baking fermented rye-wheat breads using combi-steam ovens | # 3 |
| <i>Dolynskiy A., Maletska K., Avdieieva L., Hartvih A., Makarenko A.</i> Prospects of using modern domestic spray dryers for processing of agro-industrial complex products | # 4 |
| <i>Myronchuk V., Zmievs'kiy Yu., Zakharov V., Kornienko L.</i> Method for determining the reliability of the probabilistic-statistical model for calculating the ozonation process | # 4 |
| <i>Sokolenko A., Shevchenko O., Kostyuk V., Litvynchuk S.</i> Systems of utilization of secondary steam of apparatus for beer wort | # 4 |
| <i>Riabchuk O., Miroshnyk M., Boiko V., Gryshchenko R., Pavlichenko V.</i> The methods of cooling capacity regulation of stations with reciprocating compressors | # 4 |
| <i>Shesterenko V., Izvolenskiy I., Mashchenko O.</i> Analysis of the level of higher harmonics in the sugar supply system | # 4 |
| <i>Shupchynska K., Oliynyk O., Tkachenko I., Antonenko N.</i> Directions for increasing the energy efficiency of three-layer coating of greenhouses | # 4 |
| <i>Porzhezynsky Y.</i> Research of hydrodynamics and heat exchange motion in the pipes of evaporators with natural circulation | # 4 |
| <i>Martseniuk A.</i> Emulsification in apparatus with regular perforated nozzles | # 4 |
| <i>Babanova E., Babanov I., Shevchenko A.</i> Intensification of dry animal feed production for the purpose of improving the equipment | # 5 |
| <i>Yakymchuk M., Gavva O., Kryvoplyas-Volodina L., Tokarchuk S., Yakymchuk V.</i> Influence of inertial and geometrical parameters of vacuum capturing devices on permissible efforts for maintenance of containerized artificial cargo | # 5 |
| <i>Sokolenko A., Shevchenko O., Kostyuk V., Litvinchuk S.</i> Mass transmission intensification in gas-liquid systems | # 5 |
| <i>Petrenko V., Ryabchuk O., Maslikov M., Frantsihko A.</i> Heat transfer in the down flowing annular weakly turbulent steam-liquid flows during vaporization | # 6 |
| <i>Topal A., Holenko I., Haponych L.</i> Selection of thermal treatment technologies to utilize municipal solid wastes and alternative fuels for the energy sector of Ukraine | # 6 |
| <i>Sliusenko A., Ponomarenko V., Lementar S., Pushanko N.</i> Investigation of influence of structural elements of the receiving chamber on the operational characteristics of the liquid-gas ejector | # 6 |
| <i>Sokolenko A., But S., Stupak J.</i> Dynamics of transition processes in food packaging lines | # 6 |
| <i>Stadnyk I., Pankiv Y., Pidubnyi V.</i> Determination of specific power during components mixing | # 6 |
| <i>Valentyuk N., Stankevych G.</i> Features of post-harvest treatment of amaranth | # 6 |
| <i>Shilo I., Pozdniakov V., Zelenko S.</i> Research of performance of vibro-pneumatic separator | # 6 |
| Physical and Mathematical Sciences | |
| <i>Medvid N., Gnatovskiy O.</i> Dynamic energy resonances in the diffraction grating system | # 1 |
| <i>Korol A., Medvid' N.</i> Peculiarities of the motion of the pseudorelativistic dirac quasiparticles in the alpha-T ₃ model with the step-like barrier | # 2 |
| Food Technology | |
| <i>Simakhina G., Kaminska S., Lytvynets L.</i> Characteristics of resource components of innovative enterprise to produce frozen fruit and berries | # 1 |

| | |
|---|-----|
| <i>Bozhko N., Tischenko V., Pasichnyi V.</i> Researching of consumer and biological value of meat-containing semi-finished minced products | # 1 |
| <i>Hryhorenko N., Husiatynska N., Vakuliuk P., Chibrikov V.</i> Improvement of technology for obtaining sugar-containing sorghum syrup with the use of membrane methods | # 1 |
| <i>Kambulova Yu., Zvyagintseva-Semenets Yu., Reshitnik N.</i> Formation of the microstructure of the emulsion-foam structure of creams from whipped cream with low fat content with lactulose | # 1 |
| <i>Kochubei-Lytvynenko O., Bilyk O.</i> Prospects of use of dry multicomponent concentrates on the basis of milk whey in the technology of wheat bread | # 1 |
| <i>Dudko S., Fedorov V.</i> Advantages and problems in studying of massive flour goods baking: literature review. Part 2: heat and mass transfer in oven's baking chamber | # 1 |
| <i>Sylchuk T., Sakhnenko K., Zuiko V.</i> Ways of extension of assortment of bakery products for restaurant business | # 1 |
| <i>Matko S., Melnyk L., Tkachuk N., Zotkina L.</i> The research of changes in vegetable raw materials during the fermentation process | # 1 |
| <i>Korzh T., Suprun-Krestova O., Kyrylyuk V.</i> Effect of water thermal treatment parameters of flax seeds on the transfer of dry matters into the water | # 1 |
| <i>Romanova Z., Loyko. S., Romanov M.</i> Improvement of beer technology due to the use of the spicy-aromatic plant raw material | # 1 |
| <i>Shemanska Y., Machyn N.</i> Technological modes of cruciferae oil seeds pressing | # 1 |
| <i>Zhuk V., Shevchenko I.</i> Advantages of the use of protein-fat emulsions in the technology of restructured ham products | # 1 |
| <i>Dorohovych V.</i> Flour confectionery products for people with diabetes with the use of products from processing carrots | # 1 |
| <i>Simakhina G., Vysotsky O.</i> Biscuits with modified carbohydrate composition for diabetic nutrition | # 2 |
| <i>Romanova Z., Fedorova N., Romanov O.</i> Investigation of impact of the partial hop replacement with unconventional raw on ripe beer indicators | # 2 |
| <i>Udoenko O., Gladkiy F., Litvinenko O., Kunitsia K., Sytnik N.</i> Modified fats: oxidative stability and determination of ways of application in food products | # 2 |
| <i>Dorokhovych V., Hrytsevich M., Loza I.</i> Problems of confectionery products development for patients with phenylketonuria | # 2 |
| <i>Boyko M.</i> Use of japanese sofora as a non-traditional raw material in the brewing industry | # 2 |
| <i>Kapustian A., Cherny N.</i> Polyfunctional food ingredients based on the complexes of bio-metals with compounds of probiotic origin | # 2 |
| <i>Shevchenko I., Polishchuk G., Filonenko M., Osmak T.</i> Study of structural properties of transglutaminase in systems, containing protein | # 2 |
| <i>Bilyk O., Burchenko L., Halikova E., Yoltukhivska A.</i> The influence of mixture of grains on basic technological parameters and quality of wheat bread | # 2 |
| <i>Bondarenko Yu., Andronovych H., Hryshchenko A., Anych A.</i> Effectiveness of the application of flax seed hydration in the wheat bread production | # 2 |
| <i>Iorgachova K., Makarova O., Khvostenko K., Fateeva A.</i> The soft wheat flour usage in the wafer sheet and sugar wafers technology | # 2 |
| <i>Liubych V., Zheliezna V., Yeremeeva O.</i> Extrudate quality of soft wheat grain depending on variety and line | # 3 |
| <i>Avdieieva L., Dekusha H., Zhukotskyi E.</i> Enzymatic protein hydrolysates for specialized food products | # 3 |
| <i>Moskalyuk O., Haschuk A., Breus N.</i> Mathematical and statistical assessment of the investigated meat pates | # 3 |
| <i>Pasichnyi V., Khorunzha T., Polumbryk M.</i> Research of the influence of pasteurization on organoleptic, rheological and physicochemical characteristics of sausages | # 3 |
| <i>Alekseenko M., Litvyak V., Sysa A., Hrabovska E., Galenko O.</i> Optimization of technological modes of cold acid hydrolysis of potato starch | # 3 |
| <i>Simakhina G., Kaminska S.</i> The state and the perspectives of development of the domestic market of frozen fruit and berry half products | # 3 |
| <i>Simakhina G.</i> Cryogenous damages in fruit and berries and the methods of cellular structures protection during freezing | # 4 |

| | |
|--|-----|
| <i>Makhynko V., Makhynko L.</i> Calculating methods of FAO/WHO for the estimation of quality of dietary protein | # 4 |
| <i>Bondarenko Yu., Bilyk O., Kochubei-Lytvynenko O., Andronovich G.</i> Flax seeds as the prescription component of bakery products | # 4 |
| <i>Romanova Z., Romanov O., Terletskaia V.</i> Use of non-traditional raw materials in brewing and their effect on indicators of prepared beer | # 4 |
| <i>Samchenko I., Oliynyk S.</i> Research of adsorption activity of activated and modified carbon fiber for cleaning of sorting | # 4 |
| <i>Belinska K., Falendysh N.</i> Research of changes of dry milk mixtures for baby nutrition in the process of their storage | # 4 |
| <i>Yukalo V., Storozh L., Semenyshyn G.</i> Casein fractions proteolysis by lactococcus enzymes | # 5 |
| <i>Ischenko V., Ohmakevich A., Ischenko M., Panchuk T.</i> Determination of calcium ions in wine | # 5 |
| <i>Mykhaylov V., Zagorulko O., Zahorulko A., Kasabova K.</i> Technological and apparatus improvement of the production processes of blended fruit and berry semi-finished products | # 5 |
| <i>Belinska K., Falendysh N.</i> Investigation of the influence of drying temperature on organoleptic indicators and chemical composition of milk | # 5 |
| <i>Oshchypok I.</i> Technological modes of safe processing of raw meat under vacuum | # 5 |
| <i>Krasulya O., Olinchuk V.</i> Technology of processed cheeses using dry whey protein concentrate | # 5 |
| <i>Prymenko V., Gelikh A., Golovko M., Golovko T.</i> The technology of ketchup enriched with selenium | # 5 |
| <i>Paska M., Radzimovska O., Byrak M.</i> Development of new types of special purpose delicacy products | # 5 |
| <i>Kotliar Ye., Vikul S., Sevastyanova E., Dets N., Kruchek O.</i> Technology of a cosmetic lotion based on hydroalcoholic extract from crushed grape seeds | # 5 |
| <i>Simakhina G., Naumenko N.</i> The optimal selection of amino acids to overcome the protein deficit | # 5 |
| <i>Kochubey-Lytvynenko O., Bilyk O., Dubivko A., Vysotskyi O., Shvets D.</i> Study of the influence of electro-spark treatment on whey protein | # 5 |
| <i>Boruk S.</i> Antioxidant capacity and organoleptic characteristics of confectionery with cocoa and cerobics | # 5 |
| <i>Kuzmyk U., Yushchenko N., Bass O., Mukoliv I.</i> Research of the water activity indicator of fermented milk pastes | # 6 |
| <i>Lysenko O., Gyrych S., Bondarenko Yu., Bilyk O.</i> Enrichment of jelly marmalade by calcium, with the use of milk to give the status of a functional food product | # 6 |
| <i>Havriushenko K., Gladkiy F., Gorbach T.</i> Experimental evaluation of the possible toxicity of ethyl stearate under conditions of its use as a food product | # 6 |
| <i>Matko S., Levkivska T., Tkachuk N.</i> The improvement of juice beverages production technology using wild raw material | # 6 |
| <i>Drychuk M., Chorna A.</i> Consumer properties of pasta with addition of powder of onion husk | # 6 |
| Chemical Sciences | |
| <i>Fomenko V., Kronikovskiy O.</i> Nanomaterials: prospects of use and risks for the biosphere | # 1 |
| <i>Kostenko E., Ganchuk V., Butenko E.</i> Monitoring of nitrates and measures for their reduction in plant products | # 3 |
| <i>Chorny V., Mysiura T., Popova N., Zavalov V.</i> Method of quantitative determination of succinic acid in amber extracts | # 4 |

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 матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути видана лише одна стаття автора (як власна, так і в співавторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вичитаних роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами.
4. Анотація англійською та українською мовами (не менше 1800 символів з пробілами). Анотація має 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.

8. Таблиці (у Word або Excel) можна подавати як у тексті, так і в окремих файлах (на окремих сторінках). Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Слово «Таблиця» і номер друкуються курсивом, заголовок — напівжирним шрифтом.

9. Ілюстрації (креслення, рисунки, схеми, діаграми) мають бути розміщені в тексті. **Обов'язковою вимогою** є надсилання оригінальних файлів рисунків, створених у програмі-редакторі Corel Draw X6.

Вимоги до оформлення рисунків: вісь координат — 0,2 мм, без сітки, сам рисунок (наприклад, крива) — 0,35 мм, текст в рисунку — Times New Roman 9,5, ширина рисунка — до 13 см. Всі рисунки мають бути чорно-білими. Підписи до рисунків набираються безпосередньо під рисунками прямим напівжирним шрифтом. Знімок екрана (скріншот) виконується на світлому фоні.

Фотографії мають бути чіткими та контрастними (формати TIF, JPG з роздільною здатністю 300 dpi), розмірами 6×9. Фотографії друкуються у разі крайньої потреби. Авторам краще завантажити фотографії на хмарний сервіс і у списку літератури дати на них посилання.

10. Математичні формули повинні бути роздруковані з правильним виділенням верхніх і нижніх індексів. Нумерація формул здійснюється арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки. Індеси від скорочених українських слів друкуються прямим шрифтом малими літерами. В індексах, що складаються з двох скорочених слів, після першого скороченого слова ставиться крапка, після другого — крапка не ставиться. Цифри в індексах також друкуються прямим шрифтом. Індеси, позначені латинськими літерами, друкуються курсивом. У формулах літери латинського алфавіту набираються курсивом, грецького й українського — прямим шрифтом.

Хімічні формули набираються прямим шрифтом. Математичні символи, що входять до складу хімічних формул, — курсивом.

Формули вставляються безпосередньо в текст. Прості формули набираються з клавіатури, а складні — за допомогою редактора формул Microsoft Equation 3.0 object або Math Type 5,6. Інші версії редакторів формул є неприйнятними. Символи вставляються тільки через таблицю символів. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

11. Відомості про авторів статті повинні бути наведені за єдиним зразком у вказаному порядку: прізвище (прописними літерами), ім'я та ім'я по батькові (повністю); наукове звання; посада чи професія, місце роботи; телефон, E-mail.

12. Дата надходження статті до редакції (після тексту надрукованого матеріалу).

Використання автоматичного перекладу наукового тексту (статті, анотації, ключових слів) **не допускається**. Переклад має бути належної якості.

Відсутність будь-якого з пунктів переліку, зазначеного вище, рецензії, невідповідність вимогам до оформлення, наявність орфографічних, граматичних, стилістичних помилок, автоматичний переклад елементів матеріалу є підставою **для відмови** в прийнятті статті до друку.

Автор несе відповідальність за додержання вимог чинного законодавства при підготовці матеріалів, у тому числі норм авторського права і достовірність наведених фактичних даних (цитат, посилань, імен, назв тощо).

Адреса редакції:

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

Контактні телефони: міський — (044) 287-92-95, внутрішній — 92-95.

E-mail: npnuht@ukr.net