



2019

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 25 № 4

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

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2019

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

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

Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is included into the list of professional editions of Ukraine of technical and economic sciences, 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 # 1 from 5th of September, 2019

© NUFT, 2019

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

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

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних та економічних наук, 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 № 1 від 5 вересня 2019 року

© НУХТ, 2019

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор
Editor-in-Chief

Анатолій Українець
Anatoliy Ukrainets

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

Заступник головного редактора
Deputy chief editor

Олександр Шевченко
Olexander Shevchenko

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

Відповідальний секретар
Accountable secretary

Юрій Пенчук
Yuriy Penchuk

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

Члени редакційної колегії:

Агота Гедре Райшене
Agota Giedre Raisiene

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

Атанаска Тенева
Atanaska Teneva

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

Анатолій Зайнчковський
Anatoly Zainchkovski

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

Анатолій Ладанюк
Anatoly Ladanyuk

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

Андрій Маринін
Andrii Marynin

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

Брайан Мак Кенна
Brian McKenna

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

Валерій Мирончук
Valerii Myronchuk

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

Василь Кишенько
Vasyl Kyshenko

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

Василь Пасічний
Vasyl Pasichnyi

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

Віктор Доценко
Victor Dotsenko

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

Віктор Стабніков
Viktor Stabnikov

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

Володимир Зав'ялов
Volodymyr Zavialov

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

Володимир Іванов
Volodymyr Ivanov

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

Галина Колісник
Halyna Kolisnyk
Галина Поліщук
Halyna Polishchuk

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

Герхард Шльонінг
Gerhard Schleining
Дайва Лескаускайте
Daiva Leskauskaitė
Ірина Штулер
Iryna Shtuler
Кристина Сильва
Cristina L.M. Silva
Лада Шірінян
Lada Shirinyan

д-р техн. наук, Австрія
Ph. D. Hab., Prof., University of Natural Resources, Austria
д-р техн. наук, проф., Литва
Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
д-р екон. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National academy of management
д-р техн. наук, проф., Португалія
Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa
д-р екон. наук, проф., Україна
Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Лариса Арсеньєва
Larisa Arsenyeva

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

Наталія Луцька
Nataliia Lutska

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

Олександр Бутнік-Сіверський
Oleksandr Butnik-Siverskyi

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

Олександр Гавва
Oleksandr Gavva

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

Олександр Кургаєв
Oleksandr Kurgaev

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

Олена Дерев'янко
Olena Derevianko

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

Олена Стабнікова
Olena Stabnikova

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

Паола Піттія
Paola Pittia

д-р техн. наук, проф., Італія
Ph. D. Hab., Prof., University of Teramo, Italy

Саверіо Манніно
Saverio Mannino

д-р хім. наук, проф., Італія
Ph. D. Hab., Prof., University of Milan, Italy

Світлана Бондаренко
Svitlana Bondarenko

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

Світлана Літвінчук
Svitlana Litvynchuk

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

Сергій Чумаченко
Serhii Chumachenko

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

Хууб Лелієвельд
Huub Lelieveld

Нідерланди
Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization
Initiatives, Netherlands

ЗМІСТ

Автоматизація та інформаційні технології

Захаров В. В., Устїнов О. А., Змієвський Ю. Г., Мирончук В. Г. Застосування алгоритмів машинного навчання в імовірнісно-статистичних моделях для прогнозування та розрахунку процесів озонування

Чаплінський Ю. П. Використання онтолого-керованої системної оптимізації при розв'язанні задач безпеки продуктів харчування

Біотехнології

Гайдук Ю. М., Пенчук Ю. М. Одержання підсолоджувачів мікробним синтезом

Скороцький С. О., Хоменко Л. А., Василюк О. М., Зелена Л. Б., Войчук С. І. Ідентифікація сольвентогенних бактерій *Clostridium beijerinckii*, *Clostridium acetobutylicum*, ізольованих з природних джерел

Економіка, менеджмент і маркетинг

Осадчук О. П., Майстренко В. М. Теоретичні основи сутності якості як соціально-економічної категорії

Сотніченко О. А. Податкова політика в Україні та її вплив на соціально-економічне зростання

Кундєєва Г. О., Топчий О. А. Розвиток м'ясопереробних підприємств з позиції забезпечення продовольчої безпеки України

Бутнік-Сіверський О. Б. Шляхи протидії тіншовому ринку спирту і алкоголю як складова економічної безпеки

Гиренко Н. І., Крамаренко Д. П. Економічна ефективність виробництва напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами»

Механічна та електрична інженерія

Онищенко Я. Д., Замулко А. І. Аналіз тенденцій споживання енергетичних ресурсів харчовою промисловістю України

Ніколішак М. В., Лементар С. Ю., Пономаренко В. В., Якобчук Р. Л., Риндюк Д. М. Моделювання процесу розподілення теплоносія в підігрівачі солоду

Бондар В. І., Солодка К. М., Василенко С. М., Іващенко Н. В. Аналіз результатів експериментального дослідження процесу конденсації пари на поверхні циліндричного вільностікаючого струменя рідини (Частина 2)

Шевченко О. Ю., Степанець О. І., Бут С. А., Костюк В. С. Повітряна сушарка на основі замкнених енергоматеріальних контурів

Соколенко А. І., Максименко І. Ф. Термодинамічне визначення параметрів фазових переходів в умовах вакуумних технологій

CONTENTS

Automation and Information Technologies

7 Zakharov V., Ustinov O., Zmievskii Yu., Myronchuk V. Application of machine learning algorithms in statistical models for prediction and calculation of ozoning processes

18 Chaplinsky Y. Usage of ontology-driven system optimization for food safety tasks

Biotechnology

29 Hayduk Y., Penchuk Y. Obtaining sweetener by microbial synthesis

41 Skrotskyi S., Khomenko L., Vasyliuk O., Zelena L., Voychuk S. Identification of solventogenic bacteria *Clostridium beijerinckii* and *Clostridium acetobutylicum* isolated from natural sources

Economy, Management and Marketing

51 Osadchuk O., Maistrenko V. Theoretical basis for determining the quality as a socio-economic category

57 Sotnichenko O. Tax policy in Ukraine and its influence on socio-economic growth

72 Kundieieva G., Topchii O. Development of meat-processing factories from the position of ensuring food security of Ukraine

83 Butnik-Siverskiy O. The ways of counteracting the shadow market of alcohol as a component of economic security

93 Hireno N., Kramarenko D. Economic efficiency of production semi-finished goods "Stuffing with poultry meat and vegetable hydrobionts"

Mechanical and Electrical Engineering

102 Onyshchenko Y., Zamulko A. Analysis of trends of the consumption of energy resources in food industry in Ukraine

110 Nikolishak M., Lementar S., Ponomarenko V., Yakobchuk R., Rindyuk D. Modeling the distribution process of heat carrier in the malt heater

118 Bondar V., Solodka K., Vasilenko S., Ivashchenko N. Analysis of the results of an experimental study of the process of vapor condensation on the surface of the cylindrical free-draining liquid jet (Part 2)

128 Shevchenko O., Stepanets O., But S., Kostyuk V. Air dryer based on closed energy and material circuits

138 Sokolenko A., Maksymenko I. Thermodynamic determination of parameters of phase transitions in the conditions of vacuum technologies

- Негрей О. В., Українець А. І.* Визначення механічних характеристик волоських горіхів у процесах їх лущення 149
- Фізико-математичні науки**
- Вишняк В. В., Литвинчук С. І., Носенко В. Є., Коробка Ю. В., Домбровський В. П.* Виявлення фальсифікатів бджолиного воску методом інфрачервоної спектроскопії відбивання 159
- Харчові технології**
- Грушківська А. О., Матко С. В., Мельник Л. М., Ткачук Н. А.* Порівняльний аналіз способів отримання пюре з кизилу для виробництва соусів 166
- Костенко Є. Є., Мілюкін М. В., Бутенко О. М., Рубаха Н. С.* Дослідження властивостей ягід журавлини 174
- Алексеєнко М. С., Литвяк В. В., Новикова Н. М.* Оптимізація технологічних умов отримання кислотногідролізованного крахмала 188
- Українець О. О., Грегірчак Н. Н.* Оцінка ризиків мармеладних виробів 200
- Камінська С. В., Мисюра Т. Г., Сімахіна Г. О.* Математична модель прогнозування вмісту аскорбінової кислоти в заморожених ягодах 207
- Пахомська О. В.* Впровадження системи HACCP у виробництві хлібобулочних виробів 216
- Хімічні науки**
- Кроніковський О. І., Терещук Д. О., Фоменко В. В., Кроніковська О. П.* Особливості комплексоутворення та екстракції бісмуту в системі Bi^{3+} -18-краун-6- CCl_3COOH 225
- Physical and Mathematical Sciences**
- Vyshniak V., Litvynchuk S., Nosenko V., Korobka Y., Dombrovskiy V.* Detection of adulterated beeswax by the method of infrared reflection spectroscopy 166
- Food Technology**
- Grushkovska A., Matko S., Melnyk L., Tkachuk N.* The comparative analysis of the methods of receiving of cornel puree for the sauce production 167
- Kostenko E., Milyukin M., Butenko E., Rubaha N.* Studying of the properties of cranberry 174
- Alekseenko M., Litvyak V., Novikova N.* Optimization of technical conditions for obtaining acid-hydrolylated starch 188
- Ukrainets O., Gregirchak N.* Assessment of risks of marmalade products 200
- Kaminska S., Mysyura T., Simakhina G.* The mathematical model for prognosing the amount of ascorbic acid in the frozen berries 207
- Pahomska O.* Implementation of the HACCP system in the production of bakery products 216
- Chemical sciences**
- Kronikovskii O., Terechuk D., Fomenko V., Kronikovska O.* Features of complex formation and extraction of bismuth in Bi^{3+} -18-CROWN-6- CCl_3COOH system 225

APPLICATION OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS
IN STATISTICAL MODELS FOR PREDICTION AND
CALCULATION OF OZONING PROCESSES

V. Zakharov, O. Ustinov, Yu. Zmievskii, V. Myronchuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Machine learning
Ozoning
Organic pollution
Naive Bayes classifier
Ozone-gas composition*

Article history:

Received 02.07.2019
Received in revised form
25.07.2019
Accepted 14.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The paper presents the probabilistic and statistical model developed by the authors for calculating and predicting the efficiency of ozonation processes using the technology of “machine learning”. The model is implemented as a software. The basis of the calculation algorithm is Bayes’ theorem. The program code is written in Python 2.6.8 and Bash.

There were proposed 4 classes that correspond to a certain percentage of dissolved ozone in the liquid phase, since this index is one of the main parameters in determining the effectiveness of the ozonation process. The principle of forming a training sample is to create a set of events in which the set of values of the selected parameters correspond to a certain class.

As a result of the statistical analysis of the probability distribution of various parameters in classes, it was found that ozone concentration in the ozone-gas mixture and temperature are most affected by the ozonation process. The more events are present in the training sample, the more precisely the classification takes place.

The result of the work is a probabilistic-statistical model using the technology of “machine learning” (expert system) and testing of this model for the ozonation process. The model allows to determine the efficiency of the ozonation process depending on the given values of temperature and ozone concentration in the ozone-gas mixture.

Within the limits of the temperature 0...35°C and the initial concentration of ozone 20...240 g/m³, the accuracy of the forecast is 91%. Also, the program has implemented the function of machine learning on the principle of “Supervised Learning”. It is implemented by an additional module, which, after the determination of the user of dissolved ozone, asks for confirmation of the correctness of the results. If the user confirms the correctness of the classification, then the given event is entered into the training sample.

The presented model can be adapted to simulate a wide range of tasks related to barometric processes.

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИХ МОДЕЛЯХ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ ПРОЦЕСІВ ОЗОНУВАННЯ

В. В. Захаров, О. А. Устінов, Ю. Г. Змієвський, В. Г. Мирончук

Національний університет харчових технологій

У статті представлено розроблену авторами ймовірно-статистичну модель для розрахунку та прогнозування ефективності процесів озонування із застосуванням технології «машинного навчання». Модель реалізовано у вигляді програмного забезпечення. В основі розрахункового алгоритму лежить теорема Баєса. Код програми написано на мовах Python 2.6.8 та Bash.

Запропоновано чотири класи, які відповідають певному відсотку розчиненого озону в рідкій фазі, оскільки цей показник — один з головних параметрів при визначенні ефективності процесу озонування. Принцип формування навчальної вибірки полягає у створенні набору подій, у яких сукупність значень обраних параметрів відповідає певному класу. Після проведення статистичного аналізу розподілів ймовірностей різних параметрів за класами з'ясовано, що на процес озонування найбільше впливають концентрація озону в озono-газовій суміші і температура.

У результаті проведеного дослідження побудовано ймовірно-статистичну модель із застосуванням технології «машинного навчання» та проведено апробацію моделі для процесу озонування. Модель дає змогу визначити ефективність процесу озонування залежно від заданих значень температури та концентрації озону в озono-газовій суміші.

У межах значень температури $0...35^{\circ}\text{C}$ та початкової концентрації озону $20...240 \text{ г/м}^3$ точність прогнозу становить 91%. Також у програмі реалізовано функцію «машинного навчання» на принципі «Supervised Learning» додатковим модулем, який після визначення користувачем розчиненого озону видає запит на підтвердження правильності отриманих результатів. Якщо користувач підтверджує правильність класифікації, то задана подія вноситься до навчальної вибірки як достовірна.

Представлена модель може бути адаптована для моделювання широкого класу задач, пов'язаних з баромембранними процесами.

Ключові слова: машинне навчання, озонування, органічне забруднення, найвний Баєсів класифікатор, озono-газова суміш.

Постановка проблеми. З розвитком технологій збільшуються потоки інформації і виникає проблема обробки експериментальних даних. Для автоматизації процесів обробки експериментальних даних та обробки інформації в цілому застосовують різноманітні підходи. Одним із сучасних напрямків розвитку інформаційних технологій є «машинне навчання» (англ. Machine Learning) — клас штучного інтелекту, математична дисципліна, що вико-

ристовує методи математичної статистики, теорії ймовірностей, чисельні методи оптимізації для обробки й аналізу великих масивів даних [1].

Розділяють два напрямки: індуктивне навчання (виявлення закономірностей з емпіричних даних) та дедуктивне (формування баз знань). Формально дедуктивне навчання відносять до експертних систем (комп'ютерна система, здатна частково або повністю замінити спеціаліста-експерта у вирішенні проблемної ситуації), а під терміном «машинне навчання» часто маються на увазі індуктивні алгоритми навчання [1].

Більшість задач «машинного навчання», так чи інакше, зводяться до задач регресії (дослідження впливу незалежних змінних $\{X_{i}\}$ на незалежну Y) або до задач класифікації. Класифікація алгоритмів за типом навчання [1—3]:

Supervised Learning. Навчання «з учителем», задаються приклади з «вірними відповідями». Так працює частина антиспамових фільтрів. Користувач відмічає пошту, як спам, алгоритм це запам'ятовує і порівнює вхідні з відміченими повідомленнями (навчальна вибірка) та сортує на «спам» і «не спам».

Unsupervised learning. Задається набір прикладів та алгоритм класифікації цих прикладів.

Semi-supervised learning. Задається набір прикладів, в якому лише частина прикладів «вірна» і алгоритм для аналізу.

Reinforcement learning. Певна функція аналізує роботу програми і ставить оцінку дій програми. Оцінки впливають на подальшу роботу програми.

Transduction. Використовуються певні логічні конструкції для визначення вірних відповідей.

Learning to learning. Задаються декілька суміжних задач, навчання полягає у пошуку спільних закономірностей.

В основу будь-якої моделі або програми, що використовує технологію «машинного навчання», покладено певні алгоритми. Найвідоміші з них: С4.5, метод К-середніх, метод опорних векторів, Apriori, EM-алгоритм, kNN, Баєсовський класифікатор, CART тощо. Кожен з перерахованих алгоритмів має свої переваги та недоліки при застосуванні у різних задачах.

У запропонованому дослідженні розроблено ймовірнісно-статистичну модель, в основу якої покладено алгоритм Баєсовський класифікатор із технологією «машинного навчання» за методикою «Supervised Learning».

Через складність і різноманіття перебігу процесів під час озонування існує проблема його розрахунку та моделювання. Особливо гостро це питання стоїть на підприємствах, де оброблювана озоном продукція має у своєму складі широкий спектр органічних домішок [4]. На практиці застосовують пілотні та експериментальні установки з використанням надмірної кількості озону, що часто нераціонально та затратно. За результатами таких випробувань формуються рекомендації щодо застосуванню озонаторів на підприємствах [5—8].

Апробацію представленої моделі проводили для визначення ефективності процесу озонування для окислення органічних домішок та їх подальшого видалення на сорбційних фільтрах, що має значну перспективу використання в харчовій промисловості. Застосовуючи цей процес, можна видаляти небажані органічні домішки з оброблюваних розчинів і забезпечувати мікробіоло-

гічну чистоту технологічного обладнання [4—7]. Значною перевагою озонування є його екологічність і безпечність для харчових виробництв [4; 7—8].

На сьогодні існує вкрай обмежена кількість методів, що дають змогу з великою точністю прогнозувати ефективність зазначених процесів, тому апробація представленої ймовірно-статистичної моделі на процесі озонування є доцільною.

Проте розвиток техніки та особливо інформаційних технологій відкриває нові можливості застосування відомих методів математичної статистики [1—3], тому авторами розроблений метод визначення параметрів процесу озонування та прогнозування його ефективності у вигляді класифікатора, який заснований на теоремі Баєса із застосуванням технологій «машинного навчання».

Мета дослідження: розроблення ймовірно-статистичної моделі, що дає змогу прогнозувати ефективність процесів озонування. Апробація створеної моделі проводилась для озонування в процесі утилізації нанофільтраційного пермеату молочної сироватки.

Методи і обладнання. Програма для розрахунку процесу озонування була написана на мові програмування Python (Пайтон) версії 2.6.8. Python — потужна мова програмування, має ефективні структури даних високого рівня, простий та водночас ефективний підхід до об'єктно-орієнтовного програмування. Ця мова програмування має зручний та інтуїтивно зрозумілий синтаксис, динамічну обробку типів, вбудований інтерпретатор і велику кількість різноманітних модулів для широкого спектра задач, що робить її придатною для розробки прикладних програм [10; 11].

В основу розрахунку було покладено теорему Баєса. Припущення незалежності параметрів полягає в тому, що, незважаючи на незалежність або залежність параметрів один від одного та їхніх зв'язків між собою, вважається, що при визначенні класу кожний з цих параметрів вносить свій окремий і незалежний внесок [1; 2; 11; 12]. Хоча це припущення справедливе не завжди, але в певних випадках залежність ознак однакова для всіх класів і взаємно компенсується.

У задачах класифікації теорема Баєса дає змогу розрахувати ймовірність того, що певний набір значень параметрів (ознак) відноситься до певного класу. Тобто об'єкт або «подія» (як набір значень ознак) відноситься до класу з певною ймовірністю. В задачі класифікації є матриця об'єкти-ознаки, $X = \{x_i\}$ — множина ознак, C_i — конкретний клас (а C — множина всіх класів) [3].

Розглянемо теоретичну основу та застосування цього алгоритму на прикладі: Нехай подія A може здійснитись лише при умові виконання (появи) однієї з несумісних подій (гіпотез) B_1, B_2, \dots, B_n , що утворюють повну групу подій. Якщо подія A вже відбулась, то ймовірності гіпотез можна визначити за формулами Баєса:

$$P(B_i / A) = \frac{P(B_i) \cdot P(A / B_i)}{P(A)}, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad (1)$$

$$P(A) = P(B_1) \cdot P(A / B_1) + P(B_2) \cdot P(A / B_2) + \dots + P(B_n) \cdot P(A / B_n), \quad (2)$$

де $P(A/B_i)$ — функція правдоподібності, що визначається нашою моделлю, тобто створюємо модель збору даних, що залежить від параметра, який і цікавить нас.

Для інтерполяції даних за допомогою прямої $y = ax + b$ (таким чином ми припускаємо, що всі дані мають лінійну залежність з накладеним на неї гаусовим шумом з відомою дисперсією). Тоді a і b — це необхідні параметри, тому потрібно дізнатися їхні найбільш імовірні значення, а функція правдоподібності — гаус із середнім, заданим рівнянням прямої і даної дисперсією [1—3].

$P(B_i)$ — апіорна імовірність включає в себе інформацію, відому до проведення аналізу. Наприклад, відомо, що пряма повинна мати позитивний нахил або що значення в точці перетину з віссю x має бути позитивним. Все це і не тільки можна втілити у нашому аналізі.

$P(B_i/A)$ — апостеріорна ймовірність певного класу, тобто значення цільової змінної при конкретному наборі значень ознак.

Якщо значення безперервних ознак не описується нормальним розподілом, то за допомогою відповідного перетворення необхідно привести їх до такого розподілу [2].

Якщо в тестовому наборі даних є певне значення категорійної ознаки, яке не зустрічалося в навчальному наборі даних, то модель присвоїть нульову імовірність цього значення і не зможе зробити прогноз. Це явище відоме під назвою «нульова частота» (zero frequency). Зазначену проблему можна вирішити за допомогою згладжування. Одним із найпростіших методів є згладжування Лапласа (Laplace smoothing) [1; 2].

У випадку, коли дві ознаки мають високу кореляцію, одну з них слід видавити, інакше вони будуть завищувати свою значимість [1—3; 11].

Результати та обговорення. У зв'язку із складністю прогнозування процесу озонування було вирішено провести апробацію розробленої ймовірно-статистичної моделі для визначення ефективності процесу озонування.

Ключовим показником ефективності озонування є кількість розчиненого озону в оброблюваному розчині RO . Це пов'язано з тим, що у реакцію з обраними для обробки речовинами в розчині вступає саме розчинений у рідкій фазі озон. Головним чином ця величина залежить від рН розчину, його температури (T), вмісту речовин, здатних окислитися озоном (M) та концентрації озону в озono-газовій суміші (C_0):

$$RO = f(\text{pH}, T, M, C_{O_3}). \quad (3)$$

Для цього було сформовано вибірку даних і проведено її статистичний аналіз. Вхідними параметрами було обрано температуру T та концентрацію озону в озono-газовій суміші x , шуканою змінною виступає розчинність озону RO .

Сукупність значень набору параметрів відповідає частці розчиненого озону в рідкій фазі $Y\%$. Було обрано чотири класи: « C_1 », « C_2 », « C_3 », « C_4 » і сформовано їх відповідно до різних діапазонів значень Y (табл. 1).

На рис. 1 представлені емпіричні кореляції, з яких сформовано навчальну вибірку даних.

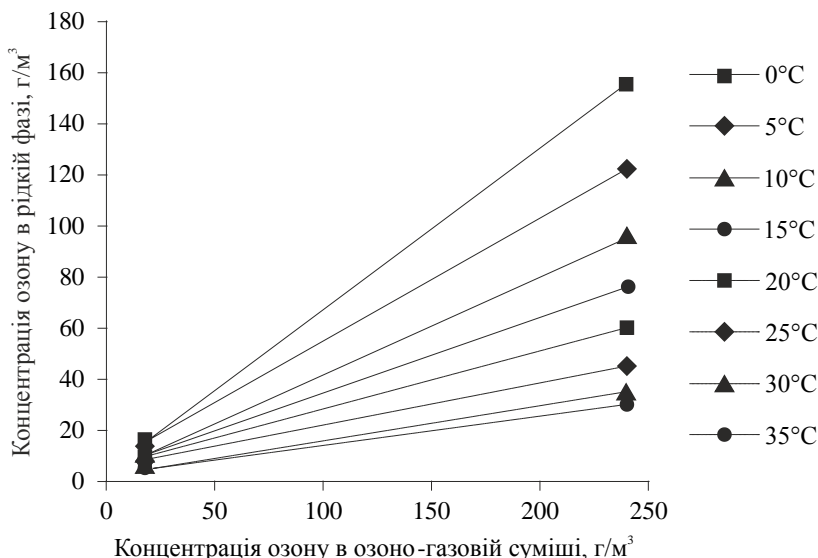


Рис. 1. Експериментальні залежності концентрації розчиненого озону для різних початкових концентрацій озону та різних температур

Таблиця 1. Поділ діапазону значень розчинності озону на класи

Клас	C_1	C_2	C_3	C_4
Діапазон значень, %	$60 \leq Y < 80$	$40 \leq Y < 60$	$20 \leq Y < 40$	$0 \leq Y < 20$

Розподіл класів зроблено з таких міркувань: за основу взято клас C_2 (40...60% розчиненого озону) — така область значень розчиненого озону в рідкій фазі вважається доцільною для використання з точки зору балансу між затратами на озонування й отриманим ефектом. Для інших класів було обрано крок у 20%, де C_1 клас — вищий за середній (доцільний); C_3 — доцільно лише у разі відсутності інших альтернатив, окрім застосування озонування; C_4 — недоцільно, оскільки економічні затрати на вироблення озону значно перевищуватимуть отриманий ефект. Випадки розчинності вище 80% не зафіксовані в експериментальних даних, тому такий клас не враховувався.

Принцип формування класів і параметрів навчальної вибірки представлено в табл. 2.

Таблиця 2. Формування класів і параметрів навчальної вибірки

№	$t, ^\circ\text{C}$	$X, \text{г/м}^3$	$Y, \%$	Клас
1.	0	240	74	C_1
2.	5	120	47	C_2
3.	0	70	66	C_1
4.	10	200	40	C_3
...

На основі зазначеної навчальної вибірки програма прогнозує найбільш імовірний діапазон (клас) значень розчиненого озону.

З експериментальних даних було сформовано статистичну вибірку, на рис. 2, 3 зображено отримані полігони відносних частот.

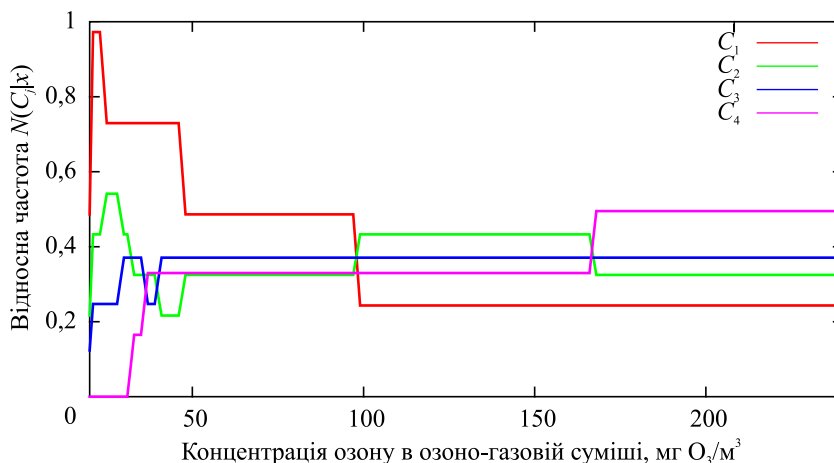


Рис. 2. Полігони відносних частот параметра x для кожного класу

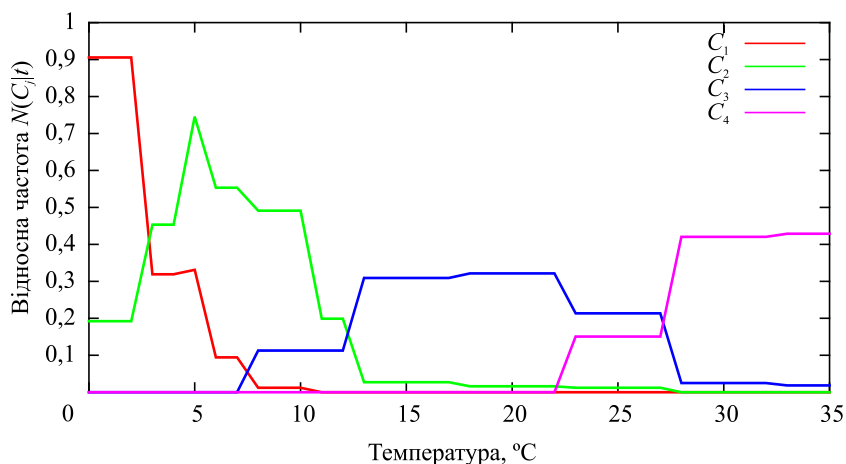


Рис. 3. Полігони відносних частот параметра T для кожного класу

Для вирішення проблеми нульових частот застосовано згладжування методом Безье (рис. 4, 5) (із значенням параметра $n = 3$, використовувались поліноми Бернштейна), співвідношеннями:

$$P(t) = \sum_{i=0}^n P_i \cdot J_{n,i}(t), \quad 0 \leq t \leq 1; \quad (4)$$

$$J_{n,i}(t) = C_n^i \cdot t^i \cdot (1-t)^{n-i}. \quad (5)$$

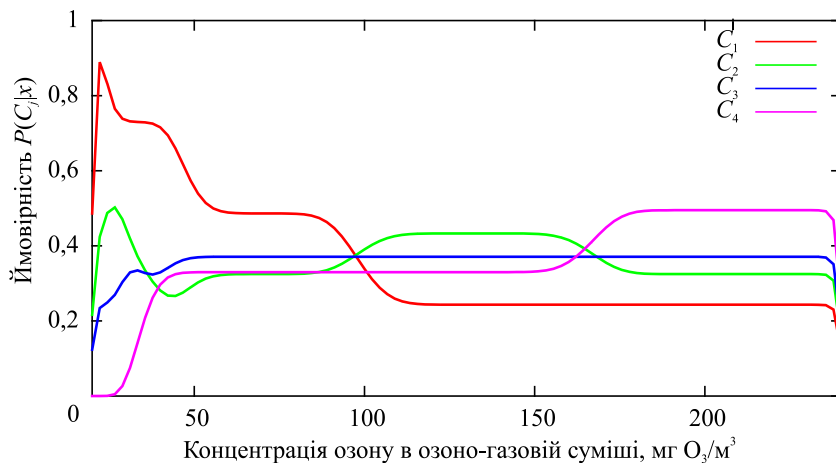


Рис. 4. Розподіл імовірностей належності до класів для параметра x

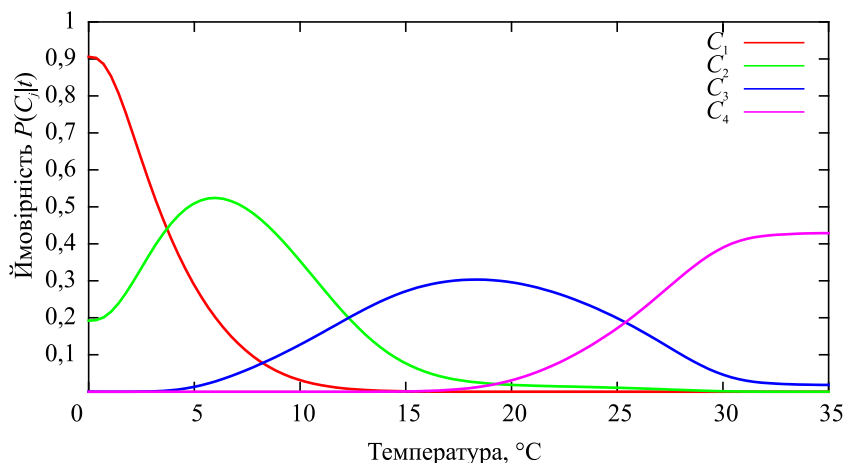


Рис. 5. Розподіл імовірностей належності до класів для параметра T

Аналіз мод частотних полігонів і математичного сподівання розподілів імовірностей M_0 показав (табл. 3), що температура має значний вплив на ефективність процесу озонування, а також дає змогу визначити належність до класу.

Таблиця 3. Статистичний аналіз розподілів для температури

Діапазон температур, °C	Математичне сподівання M_0	Належність до класу
0—2,5	0	C_1
3—10	6,5	C_2
15—22	17,5	C_3
30—35	33	C_4

Другий параметр x — концентрація озону в газовій суміші, показав низьку інформативність для визначення ефективності процесу озонування (визна-

чення класу). Розподіл для класу C_1 (рис. 2, 4) можна пояснити так, що при малій концентрації майже весь озон розчиняється, при збільшенні концентрації спостерігається поступове зменшення кількості розчиненого озону. Починаючи з концентрації $x = (110\sim 240)$ г(O³)/м³, імовірність належності процесу до класу C_1 становить $\sim 27\%$ і не змінюється. Розподіли на класи для x сильно накладаються один на одній і лише в діапазоні $(0 \leq x \leq 60)$ г(O³)/м³ чітко виділяється клас C_1 . Проте спостерігаються певні діапазони для різних класів і x може бути застосований, як додатковий параметр для класифікації.

Таблиця 4. Статистичний аналіз розподілів для початкової концентрації озону

Діапазон концентрацій, г(O ³)/м ³	Належність до класу
0—60	C_1
110—160	C_2
50—240	C_3
170—240	C_4

Принцип дії алгоритму наївного Баєсового класифікатора такий:

1. Користувач вводить запит, вказуючи температуру T_0 [°C] та концентрацію озону в газовій фазі x_0 [г/м³].
2. Розраховується апіорна ймовірність для кожного класу:

$$P(C_j) = \frac{N(C_j)}{N}, \quad (6)$$

де $N(C_j)$ — кількість записів у навчальній вибірці, що відповідають даному класу C_j ; N — об'єм навчальної вибірки, $C_j = \{C_1, C_2, C_3, C_4\}$ — сукупність класів.

3. Перевірка апіорних ймовірностей за класами:

$$\sum P(C_i) = 1, \quad (7)$$

4. Визначаємо апіорну ймовірність предикторів:

$$P(x = x_0) = \frac{N(x_0)}{N}; \quad (8)$$

$$P(T = T_0) = \frac{N(T_0)}{N}, \quad (9)$$

де $N(x_0)$, $N(T_0)$ — частоти значень параметрів $x=x_0$ та $T=T_0$ відповідно.

5. Розрахунок «правдоподібності» для кожного параметра за всіма класами:

$$P(x = x_0 | C_j) = \frac{N(x_0 | C_j)}{N_j}; \quad (10)$$

$$P(T = T_0 | C_j) = \frac{N(T_0 | C_j)}{N_j}, \quad (11)$$

де $N(x_0/C_j)$, $N(T_0/C_j)$ — частоти значень параметрів, при певному класі, для x_0 і T_0 відповідно; N_j — об'єм вибірки для певного класу.

6. За формулою Байеса для кожного класу розраховуємо ймовірність того, що такий набір параметрів $x = x_0$ та $T = T_0$ відповідає певному класу C_j :

$$P(C_j | x = x_0, T = T_0) = \frac{P(x = x_0 | C_j) \cdot P(T = T_0 | C_j) \cdot P(C_j)}{P(x = x_0) \cdot P(T = T_0)}. \quad (12)$$

7. Класифікатор визначає найбільшу ймовірність належності до класу і видає прогноз користувачу.

8. Якщо користувач підтверджує факт того, що класифікація пройшла вірно, то програма доповнює навчальну вибірку записом (значення x_0 , T_0 відповідають певному класу C_j).

Функція самовдосконалення програми реалізована за технологією «машинного навчання» в режимі «Supervised Learning». Це навчання з учителем, тобто користувач підтверджує або спростовує вірність розрахованого результату.

Серед переваг представленої ймовірнісно-статистичної моделі можна виділити такі:

1. Алгоритм не потребує значних затрат комп'ютерних ресурсів.
2. Коли припущення про незалежність вхідних параметрів виконується, то алгоритм працює з високою точністю (~90%).

3. Прогнозування краще працює з категорійними ознаками, ніж з безперервними. Для безперервних ознак передбачається нормальний розподіл, що виконується не у всіх випадках.

Головним недоліком є те, що при зростанні кількості ознак (сотні ознак та більше) алгоритм перестає бути ефективним.

Висновки

У результаті проведеного дослідження було розроблено ймовірнісно-статистичну модель з технологією «машинного навчання» (в режимі Supervised Learning), що дає змогу робити прогнози для процесів озонування. Модель апробовано для визначення ефективності процесу озонування залежно від початкових параметрів (температура T , початкова концентрація озону x). Для діапазону температур 0..35°C та початкових концентрацій озону 20..240 (г/м³) модель дає прогнози з точністю 91%.

У перспективі отриманий комплекс з допомогою «машинного навчання» може стати потужним інструментом в руках інженерних спеціалістів і науковців для дослідження технологій озонування, а також може бути адаптований для застосування у сферах баромембранних процесів. Програмна реалізація моделі проста у використанні, з вбудованою можливістю самовдосконалення за технологією «машинного навчання», що поступово буде збільшувати точність та ефективність запропонованої моделі і відповідного програмного забезпечення.

Статистичний аналіз даних показав, що для озонування температура процесу є одним із найвпливовіших параметрів, що впливає на розчинність озону в рідкій фазі.

Література

1. Thiemann N., Igel C., Wintenberger O., Seldin Y. A Strongly Quasiconvex PAC-Bayesian. *Algorithmic Learning Theory (ALT)*. 2017.

2. Krause O., Arbonès D. R., Igel C. CMA-ES with Optimal Covariance Update and Storage Complexity. *Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS)*. 2016.
3. Dogan Ü., Glasmachers T., Igel C. A Unified View on Multi-class Support Vector Classification. *Journal of Machine Learning Research*. 2016. № 17(45).
4. Pandiselvam R., Sunoj S., Manikantan M. R., Kothakota A., Hebbar K. B. Application and Kinetics of Ozone in Food Preservation. *Ozone: Science & Engineering*. 2017. № 39(2). P. 115—126.
5. Cullen P. J., Tiwari B. K., O'Donnell C. P., Muthukumarappan K. K. Modelling approaches to ozone processing of liquid foods. *Trends in Food Science & Technology*. 2009. №20. P. 125—136.
6. Pereira M., Faroni L. R. D., Silva A. G., Sousa A. H., Paes J. L. Economical viability of ozone use as fumigant of stored corn grains. *Engenharia na Agricultura*. 2008. №16(2). P. 144—154.
7. Ferral-Pérez H., Torres Bustillos H., Méndez L. Sequential Treatment of Tequila Industry Vinasses by Biopolymer-based Coagulation/Flocculation and Catalytic Ozonation. *Ozone: Science & Engineering*. 2016. № 38. P. 279—290.
8. Karaca H. Use of Ozone in the Citrus Industry. *Ozone: Science & Engineering*. 2010. № 32. P. 122—129.
9. Shigezo N., Takahara H. Ozone Contribution in Food Industry in Japan. *Ozone: Science and Engineering*. 2006. № 28. P. 425—429.
10. Захаров В. В., Устінов О. А., Змієвський Ю. Г., Мирончук В. Г. Застосування алгоритму наївного баєсового класифікатора. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. К. 2018. Том 24. № 5. Ч. 1. P. 91—99.
11. Мова програмування Python. URL: <https://www.python.org/downloads/release/python-2715/>
12. Langseth H., Nielsen T. D. Classification using Hierarchical Naive Bayes models. *Mach Learn*. 2006. № 63. P. 135—159.

USAGE OF ONTOLOGY-DRIVEN SYSTEM
OPTIMIZATION FOR FOOD SAFETY TASKS

Y. Chaplinsky

V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine

Key words:

*System optimization
Corrective action
Critical control point
Food safety
Context
Ontology*

Article history:

Received 10.07.2019
Received in revised form
26.07.2019
Accepted 06.08.2019

Corresponding author:

Y. Chaplinsky

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper presents objects that may relate to critical control points. This paper considers situations of need for corrective actions for a critical point of control within the food safety management system, based on Hazard Analysis and Critical Control Point (Hazard Analysis and Critical Control Point). The complexity of implementing such decision-making is the need to synthesize different points of view on the problem, incompatibility of decision-making tasks through structure or limiting factor etc. System optimization is a tool which allows decision maker to take into account the features of decision making tasks and to identify, analyze and solve such problems. The paper presents a conceptual description of decision making based on system optimization. The main stages of decision making are considered. System optimization knowledge, which is used in decision-making processes, is considered as the context knowledge and the knowledge that describes the content. For this purpose, an interconnected set of ontologies was used, which has a multilevel associative structure: meta-ontology; basic ontology; context ontology; set of domain ontologies; realization ontology; user presentation and interaction ontology; model of inference machine. Implementation of system optimization processes and integration of the components of decision-making is based on the presentation of the multi-level system of management and decision-making in it through a model of a particular context. The context framework takes into account different context domains, such as: purpose/result, actor, process/action, object, environment, facility, tools, presentation, location, and time. The implementation of ontology-driven system optimization builds an interconnected system of preparation and choice of solutions, both for the given problem and for interaction with other complexes of problems and tasks, allows to make decisions taking into account the consequences of their implementation.

ВИКОРИСТАННЯ ОНТОЛОГО-КЕРОВАНОЇ СИСТЕМНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧ БЕЗПЕКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Ю. П. Чаплінський

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України

У статті представлено об'єкти, яких можуть стосуватися критичних точок контролю. Розглянуто ситуації виникнення необхідності в коригувальних діях для критичної точки контролю в рамках системи управління безпекою продуктів харчування, що базується на принципах НАССР.

Складність у реалізації такого прийняття рішень полягає в необхідності синтезу різних точок зору на проблему, несумісність задач прийняття рішень через структуру або обмежуючі фактори тощо. Системна оптимізація є засобом, що дає змогу врахувати особливості задач прийняття рішень, ідентифікувати, аналізувати та розв'язати такі задачі. Представлено концептуальний опис прийняття рішень на основі системної оптимізації. Розглянуто основні етапи прийняття рішень.

Усі знання, що використовуються в процесі прийняття рішень на основі системної оптимізації, розглядаються в розрізі знань, що описують контекст, та знань, що описують контент. Для цього використовується взаємопов'язана множина онтологій, що являє собою багаторівневу асоціативну структуру: мета-онтологія, базова онтологія, контекстна онтологія, множина онтологій предметної області, онтологія реалізацій, онтологія представлення користувача та взаємодії з ним, модель машини виведення.

Реалізація процесів технології системної оптимізації та інтеграція відповідних складових прийняття рішень, у свою чергу, базується на представленні багаторівневої системи управління та прийняття рішення в ній через модель певного контексту. У рамках такого розгляду контекст представляється через відповідні контекстні області, такі як: мета/результат, актор, процес/дія, об'єкт, середовище, можливості, засоби, представлення, розташування та час. Реалізація онтолого-керованої системної оптимізації будує взаємопов'язану систему підготовки та вибору рішень як для проблеми, що розглядається, так і при взаємодії з іншими комплексами проблем і задач, дає змогу приймати рішення з урахуванням наслідків їх реалізації.

Ключові слова: *системна оптимізація, коригувальна дія, критична точка контролю, безпека продуктів харчування, контекст, онтологія.*

Постановка проблеми. Сучасні технології харчової промисловості, вимоги безпеки харчових продуктів ланцюга поставок продуктів харчування від ферми до столу, вимоги до харчової логістики, продажів продуктів харчування, зберігання продуктів харчування, вимоги щодо зниження ризиків використання продуктів харчування та виникнення хвороб харчового похо-

дження, необхідність підтримання громадської довіри до безпечності харчових продуктів і тощо визначають необхідність контролю всього ланцюга виробництва харчового продукту. Це можливо реалізувати на основі використання системи управління безпечністю продуктів харчування, що базується на принципах НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Point, аналіз небезпек і критичні контрольні точки) та забезпечує структурований підхід до ідентифікації та контролю визначених небезпечних чинників і факторів порівняно з традиційними методами, такими як інспектування або контроль якості. Це дасть змогу виявити невідповідності на ранньому етапі, запобігти виробництву небезпечного продукту та, відповідно, потраплянню такого продукту до кінцевого споживача. В процесі створення, впровадження та використання такої системи управління може виникнути необхідність у зміні технологічних процесів або методів пакування, перегляд вимог до постачальників сировини і матеріалів, або навіть і в заміні виробничого обладнання чи технологій, зокрема виникає необхідність у коригувальних діях, які повинні включати насамперед визначення й усунення причин відхилень та невідповідностей [1; 2].

З іншого боку, прийняття рішень у таких системах управління описується взаємозв'язаними задачами. Причому, як правило, такі задачі виявляються несумісними через їхню структуру, що склалася, та обмежувальні фактори, так звані «вузькі місця». Обмежувальними факторами можуть бути вимоги до функціонування системи, вимоги до якості та безпечності продукції, наявність достатніх матеріальних ресурсів, виробничі можливості підприємств, об'єми фінансування, нормативні чи законодавчі вимоги щодо життєвого циклу виробництва тощо. Таким особливостям задач прийняття рішень відповідає технологія системної оптимізації, яка була запропонована академіком В. М. Глушковим [3].

У рамках такого розгляду важливим є розробка підходів до реалізації комп'ютерної підтримки для розв'язання задач безпеки продуктів харчування в системі безпеності продуктів харчування, що базується на принципах НАССР.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні необхідність у коригувальних діях у системі управління безпечністю продуктів харчування виникає при ситуаціях, коли значення параметрів у критичних точках контролю (КТК) (точок, де найвища ймовірність виникнення потенційної небезпеки) виходять за межі граничних значень, що визначені для цих КТК. У цьому випадку для кожної КТК в рамках управління безпечністю продуктів харчування, що базується на принципах НАССР, необхідно розробити конкретні коригувальні дії, за допомогою яких усуватимуться відхилення, що виникли [4; 5]. Своєчасно виявлене відхилення простіше піддати коригувальній дії, що надає можливість мінімізувати кількість ураженого продукту [6]. При цьому для кожної КТК необхідно розробити окремі плани коригувальних дій [7].

Ідеї технології системної оптимізації, що були представлені в [3], знайшли своє застосування при реалізації практичних задач, наприклад:

- при комплексному аналізі та цілеспрямованому формуванні умов розвитку організаційної системи [8];

- при створенні систем підтримки прийняття узгоджених рішень [8; 9];
- при розподіленому управлінні розвитком вищого навчального закладу і системи вищої освіти [10];
- для аналітичного конструювання оптимальних регуляторів [11].

Мета дослідження: концептуальне представлення використання онтолого-керованої системної оптимізації для визначення коригувальних дій у системі управління безпечністю продуктів харчування.

Викладення основних результатів дослідження. Гарантування безпечності продуктів харчування є основною метою застосування концепції НАССР до процесу виробництва. Існує безліч чинників, які не пов'язані з виробництвом і переробкою продуктів, але справляють негативний вплив на безпечність продуктів харчування. Ці та інші чинники повинні розглядатися при плануванні та в подальшому при створенні й підтримці системи управління безпечністю продуктів харчування. Codex Alimentarius визначає небезпечний чинник продукту харчування (food safety hazard) як біологічний, хімічний або фізичний агент у продукті харчування, або стан харчового продукту, що потенційно може спричинити негативний вплив на здоров'я.

Процедури коригувальних дій є необхідними для визначення причини проблеми, вжиття заходів щодо запобігання повторного виникнення та подальшого відстежування шляхом моніторингу й повторного оцінення [1]. При цьому під коригувальною дією розуміють «будь-яку дію, що підлягає виконанню у тому випадку, коли результати моніторингу в КТК вказують на втрату контролю».

Критичні точки контролю займають важливе місце в системі управління безпечністю продуктів харчування та визначають необхідне для усунення (мінімізації) впливу небезпечних чинників або можливості їх появи. Критична контрольна точка в системі НАССР — контроль з метою управління безпекою продуктів харчування. Критична точка контролю може бути пов'язана з відповідним об'єктом виробництва або етапом роботи у процесі виробництва, де визнається наявність ризику і необхідне вжиття заходів щодо його усунення, запобігання або скорочення. Критичні точки контролю можуть стосуватися об'єктів систем приміщень та робочого середовища (розташування підприємства, навколишні та внутрішні умови виробництва тощо), систем матеріалів і продукції (сировина, компоненти, напівфабрикати, вода тощо), виробничих систем (виробниче обладнання, технологічний контроль, санітарія тощо), систем технічних засобів та інженерних комунікацій (водопостачання, каналізаційні системи, освітлення тощо), персоналу та відвідувачей (знання, здоров'я, гігієна тощо), систем упаковки та маркування тощо.

Множину критичних точок контролю визначимо як $P = \{p^i, i = \overline{1, I}\}$, де p^i —

i -а критична контрольна точка. Множину параметрів — як $O^i = \{o_k^i, k = \overline{1, J^i}\}$,

де o_k^i — k -й параметр i -ї критичної контрольної точки.

Визначання граничних значень параметрів об'єктів КТК має за мету розділення допустимих показників параметра КТК від недопустимих. Граничні

значення являють собою величини або характеристики фізичного, хімічного чи біологічного характеру, які визначають межі між допустимим та недопустимим для того об'єкта, що вимірюється. Вони показують момент, коли допустима (контрольована) ситуація переходить у недопустиму (неконтрольовану) стосовно безпеки кінцевого продукту. Множину граничних значень параметрів для критичної точки контролю визначимо як $C^i = \{c_j^i(o_j^i), j \in J^i\}$, $i = \overline{1, I}$ — індекс критичної точки контролю, $j \in J^i$ — індекс параметрів i -критичної точки контролю. Множина граничних значень параметрів для критичної точки контролю визначає область рішень, що має директивні обмеження або директивну область рішень, де повинні знаходитись всі рішення задачі.

Коригувальні дії повинні забезпечити приведення показника КТК до встановлених граничних значень і регламентувати дії з продукцією, що вироблені під час відхилення показника від допустимих меж. Коригувальні дії мають дві складові:

1) виявлення й усунення причини відхилення та відновлення контролю над технологічним процесом;

2) виявлення продукту, що був вироблений за умов відхилення технологічного процесу від критичної межі, та визначення його подальшого призначення.

Коригувальні дії повинні бути розроблені для кожної критичної точки контролю, але в окремих випадках можуть бути розроблені оперативно після виникнення порушення критичних меж. Слід зауважити, що різноманітність можливих відхилень у кожній КТК означає, що в цій точці необхідне виконання декількох коригувальних дій.

Для кожної критичної точки визначаються коригувальні дії $A^i = \{a_j^i, j \in J^i\}$, що застосовуються у разі порушення граничних значень параметрів для критичної точки контролю.

Значення параметрів у момент моніторингу або аналізу визначимо як v_j^{*i} , $i = \overline{1, I}$ — індекс критичної точки контролю, $j \in J^i$ — індекс параметрів i -критичної точки контролю.

Якщо $\exists i \in I, j \in J^i$, що $v_j^{*i} \notin c_j^i(o_j^i)$, то виникає необхідність у коригувальних діях. Варіанти коригувальних дій: ізоляція та утримання продукту для проведення оцінки його безпечності; проведення дій, що направлені на зміну значень параметрів критичної точки контролю до меж граничних значень; переведення ураженого продукту або інгредієнтів на іншу технологічну лінію, де відхилення, що відбулось, не буде вважатися критичним; повторна обробка; знищення продукту. Слід зауважити, що особливістю виробництва продуктів харчування є те, що, зазвичай, вони мають обмежені ресурси (персонал, час, обладнання, кваліфікація, досвід, фінанси тощо) для реалізації таких дій.

Також регулювання виробничого процесу повинне виконуватися, коли результати моніторингу вказують на тенденцію до втрати контролю в КТК.

Тоді потрібно вжити заходи для повернення процесу в межі граничних значень до моменту виникнення відхилення.

Для кожної з коригувальних дій потрібно розробити варіанти альтернативних рішень, які потім необхідно оцінити за багатьма критеріями (час, людські, матеріальні, виробничі та фінансові ресурси тощо) та вибрати варіант для подальшого втілення в життя. Існуючі можливості підприємства для проведення відповідних коригувальних визначають область рішень, що має локальні обмеження задачі, тобто допустимих рішень. При цьому необхідний контроль, як мінімум, трьох основних параметрів прийняття рішень: час (рішення повинне бути отримане і виконане в заданий період часу); витрати (рівень ресурсів для реалізації рішення повинен бути дотриманий); якість (вимоги до рішення повинні бути дотримані).

У разі необхідності проведення коригувальних дій використовується технологія системної оптимізації, суть якої полягає в цілеспрямованій зміні моделей прийняття рішень для досягнення припустимості та у виборі найбільш прийняттого рішення поставленої задачі [9]. При цьому необхідно виділити параметри КТК O_c^i , $O_c^i \in O^i$, якими можна керувати та досягти граничних значень для цих параметрів, та параметри O_{nc}^i , $O_{nc}^i \in O^i$, якими неможливо керувати. Ці параметри визначають різні ситуації прийняття рішень. Наприклад, якщо $O_{nc}^i \neq \emptyset$ та існують параметри з цієї множини, що стосуються сировини, продукції тощо, то необхідна переробка продукції, утилізація продукції, а потім визначення корегувальних дій у рамках КТК із зміни відповідного технологічного процесу, обладнання тощо для подальшого виробництва певної продукції. Якщо $O_c^i \neq \emptyset$ та $O_{nc}^i = \emptyset$, то необхідно виконати корегувальні дії, так щоб $\forall j \in J^i, v_j^{*i} \in c_j^i(o_j^i)$. Визначення ситуацій і можливих дій базується на логічному виведенні на основі бази знань (системі онтологій) системи управління безпечністю продуктів харчування.

Процес прийняття рішень у цій ситуації складається з послідовності етапів, кожен з яких включає такі елементи: визначення рішень локальних задач з урахуванням результатів, отриманих на попередніх етапах; узгодження рішень пов'язаних локальних задач. Підтримка прийняття рішень — це інтелектуальна комп'ютерна технологія посилення можливостей людини, що приймає рішення в процесі спостереження за станом предметної області, діагностики проблемних ситуацій і цілей дій, планування дій і генерацію способів їх реалізації, формування раціональних варіантів рішень з використанням експертних знань і методів моделювання й оптимізації. Основні етапи прийняття рішень:

- моніторинг і збір достовірних даних про процеси функціонування системи;
- розпізнавання, прогнозування розвитку й оцінка штатних і критичних ситуацій, що мають місце у діяльності системи;
- постановка цілей і пошук альтернативних дій з їх досягнення в умовах ситуацій, що складаються в підсистемах підприємства і в системі в цілому;

- адекватна оцінка можливих способів дій, аналіз наслідків і вибір найбільш ефективних з них з комплексним аналізом усього спектра характеристик альтернативних рішень;

- організація виконання рішень, що включає оцінку і вибір напрямів робіт по реалізації рішень, конкретних заходів і термінів, розподіл ресурсів для реалізації рішень;

- контроль виконання рішень на основі оцінки та порівняння станів і результатів (проміжних при зіставленні з бажаними кінцевими) діяльності, оцінку якості рішень, що приймалися, і правильності організації їх вироблення.

У загальному вигляді прийняття рішень у рамках технології системної оптимізації може бути описано набором такого вигляду: $SO = \langle M, R(M), A(M), F(M), F(SO) \rangle$, де $M = \{M_1, \dots, M_n\}$ — множина прикладних, предметно-формальних і формальних моделей, які описують певні етапи системної оптимізації; $R(M)$ — множина правил вибору необхідної моделі або сукупності моделей для виконання етапу, тобто правил, які реалізують відображення $R(M): S \rightarrow M$, де S — множина можливих ситуацій (станів), або $S' \in M$, де S' — множина ситуацій (станів), при виникненні яких відбувається зміна моделі; $A(M) = \{A(M_1), \dots, A(M_n)\}$ — множина методів розв'язання задач на основі моделей M_i , $i = 1, \dots, n$; $F(M) = \{F(M_1), \dots, F(M_n)\}$ — множина правил модифікації моделей M_i , $i = 1, \dots, n$. Кожне правило $F(M_i)$ визначає відображення $F(M_i): S'' \times M_i \rightarrow M'_i$, де $S'' \subseteq S'$, M'_i — модифікація моделі M_i ; $F(SO)$ — правило модифікації SO — її базових конструкцій M , $A(M)$, $R(M)$, $F(M)$ та, можливо, самого правила $F(SO)$, тобто $F(SO)$ реалізує цілий ряд відображень (комплексне відображення) $F(SO): S''' \times M \rightarrow M'$, $S''' \times A(M) \rightarrow A'(M)$, $S''' \times R(M) \rightarrow R'(M)$, $S''' \times F(M) \rightarrow F'(M)$, $S''' \times F(SO) \rightarrow F'(SO)$, де $S''' \subseteq S$, $S''' \cap S'' = \emptyset$, $S''' \cap S' = \emptyset$, тобто правила модифікації цього типу використовуються в ситуаціях, коли наявних множин моделей, методів, правил вибору і правил модифікації недостатньо для пошуку рішення (рішень) в певній ситуації.

Отже, при представленні знань про розв'язання задачі за допомогою технології системної оптимізації необхідно описати [8]: моделі, що описують вихідну задачу та виникають у процесі реалізації технології системної оптимізації; методи та алгоритми розв'язання сформованих моделей; процес розв'язання задачі за допомогою технології системної оптимізації.

Розглянемо формальну модель локальної задачі прийняття рішення в багаторівневих системах, яка має так загальний вигляд: $M_i = \{C^x \rightarrow extr, X_0, X(u^{i-1}), X(u^i), U(x), U(x^{i+1})\}$, де i — індекс задачі ($i \in I = \overline{1, L}$); x — рі-

шення i -ї задачі; X_0 — область рішень, що визначається локальними обмеженнями задачі; $X(u^{i-1})$ — область рішень, що визначається директивними обмеженнями; $X(u^i)$ — область рішень, що визначається з урахуванням компромісних зв'язків із задачами, що володіють однаковим з усією задачею пріоритетами; $U(x)$ — область змінних u , що залежить від рішення x^* задачі; $U(x^{i+1})$ — область змінних, що характеризують вплив задачі на пов'язані з нею задачі з меншим пріоритетом. Наявність у задачах прийняття рішення локальних цілей і пріоритетів взаємодії приводить до різних ситуацій взаємодії між відповідними задачами.

Якщо припустимих рішень у локальній задачі не існує, то виникає необхідність у цілеспрямованій зміні області X_0 або $X(u^i)$ для виконання директивних вимог, що визначаються областю $X(u^{i-1})$, де u^{i-1} отримано при розв'язанні більш пріоритетних задач. Така задача корекції розв'язується за допомогою технології системної оптимізації. Процес прийняття рішень в цій ситуації складається з послідовності етапів, кожен з яких включає такі елементи: визначення рішень локальних задач з урахуванням результатів, отриманих на попередніх етапах; узгодження рішень пов'язаних локальних задач.

Перший етап полягає в аналізі моделей локальних задач. Якщо допустимих рішень у локальній задачі не існує, то виникає необхідність у цілеспрямованій зміні області X_0 для виконання директивних вимог з області $X(u^{i-1})$. Така задача корекції X_0 інтерпретується як задача системної оптимізації.

Тож рішення локальної задачі (локальне допустиме рішення) буде знайдено безпосередньо або буде отримано в результаті розв'язання задачі системної оптимізації, тобто $X_0 \cap X(u^{i-1}) \neq \emptyset$.

Оскільки рішення отрималося без урахування області зв'язків $X(u^i)$, то значення параметра u визначені незалежно в кожній з пов'язаних задач і можуть не збігатися. Тоді узгодження рішень полягає в знаходженні таких локально допустимих (оптимальних, компромісних) рішень, для яких значення параметрів зв'язку рівні. Можливі підходи до реалізації алгоритмів узгодження рішень щодо параметрів зв'язку наведені в [12].

У разі відсутності таких узгоджених рішень необхідна корекція моделей пов'язаних задач для досягнення сумісності в просторі параметрів, яка може бути зведена до задачі системної оптимізації. Основною проблемою при цьому є вибір напрямку та величини корекції областей X_0 , $X(u^{i-1})$.

Отримане рішення визначить значення параметра u^{i+1} , що характеризує вплив задачі на пов'язані з нею задачі з меншим пріоритетом.

Отже, для $i \in I, j \in J^i$, що $v_j^{*i} \notin c_j^i(o_j^i)$, можна визначити варіанти реалізації коригувальних дій та відповідну оцінку таких варіантів. Для того, щоб вибрати

варіант коригувальної дії (дій), необхідно сформулювати задачу як багатокри-теріальну задачу оптимізації, методи розв'язання яких представлені в [13].

Для представлення технології системної оптимізації будемо використовувати взаємопов'язану множину онтологій, що являє собою багаторівневу асоціативну структуру вигляду:

$$O = \langle O_{meta}, O_{core}, O_{ctxt}, \{O_{DM}\}, O_R, O_{user}, Inf \rangle,$$

де O_{meta} — мета-онтологія, або онтологія верхнього рівня; O_{core} — базова онтологія; O_{ctxt} — контекстна онтологія; $\{O_{DM}\}$ — множина онтологій предметної області, що включає представлення задач предметної області, онтологій предметно-формального та формального представлення; O_R — онтологія реалізацій, що включає опис програмного забезпечення для підтримки прийняття рішень; O_{user} — онтологія представлення користувача та взаємодії з ним; Inf — модель машини виведення, що асоціюється з онтологічною моделлю O .

Зауважимо, що реалізація процесів технології системної оптимізації та інтеграція відповідних складових прийняття рішень, у свою чергу, базується на представленні багаторівневої системи управління та прийняття рішення в ній через модель певного контексту.

Контекст слід розглядати як концептуальну або інтелектуальну конструкцію, яка складається з понять у межах відповідних контекстних областей і допомагає нам зрозуміти, проаналізувати та використовувати природу, значення та ефекти через елементарні сутності у відповідному середовищі або обставинах. Також контекст представляє ціле, що визначається через певні сутності, які є важливими при такому розгляді задач.

Формально розглянемо контекст як конструкцію, що складається з понять у межах відповідних контекстних областей та описується онтологією контексту через таку структуру контекстних областей [14]:

$$O_{ctx} = \left\langle O_{ctx}^{AR}, O_{ctx}^A, O_{ctx}^{PA}, O_{ctx}^O, O_{ctx}^E, O_{ctx}^F, O_{ctx}^{Fclt}, O_{ctx}^R, O_{ctx}^{Plc}, O_{ctx}^T \right\rangle.$$

На загальному рівні O_{ctx} описується такими контекстними областями: O_{ctx}^{AR} — мета/результат, O_{ctx}^A — актор, O_{ctx}^{PA} — процес/дія, O_{ctx}^O — об'єкт, O_{ctx}^E — середовище, O_{ctx}^F — можливості, O_{ctx}^{Fclt} — засоби, O_{ctx}^R — представлення, O_{ctx}^{Plc} — розташування, O_{ctx}^T — час.

Такий розгляд контексту в рамках задач безпеки продуктів харчування, не впливаючи безпосередньо на процес прийняття рішень, обмежує його лише значущими для цього контексту правилами/процедурами. Це дає змогу:

- 1) логічно виводити новий контекст з наявних;
- 2) повторно використовувати контекст за допомогою застосування контекстів вищих рівнів абстракції, їх інтеграції та конкретизації для певних умов і завдань;

3) отримувати контекст більш високого рівня абстракції з контексту, що розглядається;

4) розбивати контекст на складові — логічно пов'язані внутрішньо узгоджені контексти.

Реалізація інформаційних технологій, які базуються на використанні технології системної оптимізації, відповідних знань у вигляді онтології та контексту, надає можливість внести до організації процесу прийняття рішень ряд важливих властивостей, перейти до безперервного аналізу ситуацій та планування дій, забезпечує проведення корекції процесу прийняття рішень без порушення технологічної цілісності та взаємозв'язків, допускає багатоваріантність варіантів рішень і можливість їх отримання за різними критеріями і моделями, буде взаємопов'язану систему підготовки та вибору рішень як для проблеми, так і при взаємодії з іншими комплексами проблем і завдань, приймати рішення з урахуванням наслідків їх реалізації. При цьому отримані рішення відповідають SMART-критеріям: тобто є конкретними, вимірними, погодженими, реалістичними, чітко прив'язаними до часу (SMART — за першими буквами відповідних англійських слів).

Висновок

Представлений підхід використання онтолого-керованої системної оптимізації до аналізу та вибору коригувальних дій дає змогу реалізувати інтелектуальну знанне-орієнтовану підтримку прийняття рішень в рамках системи управління безпечністю продуктів харчування, особливостями якої є, зокрема, взаємозалежність рішень, вимоги до функціонування, обмеження поведінки, інформаційні обмеження, ресурсні обмеження, час і середовище, яке постійно змінюється, тощо та основою якої є контекст та онтологія.

Результати дослідження буде використано в рамках науково-дослідної роботи «Розробка контекстно-орієнтованих онтологокерованих алгоритмів системної оптимізації на прикладі безпеки продуктів харчування».

Література

1. Система аналізу ризиків і критичних контрольних точок ХАССП. Рекомендації для молокозаводів зі зразками програм ХАССП для молочних продуктів. Міжнародна асоціація виробників молочної продукції IDFA, 2009. 306 с.
2. Димань Т. М., Мазур Т. Г. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів. К.: Академія, 2011. 520 с.
3. Глушков В. М. О системной оптимизации. Кибернетика. 1980. № 5. С. 89—90.
4. Бочарова О. В. Управление безопасностью товаров: підручник. Одеса: Атлант, 2014. 376 с.
5. Посібник для малих та середніх підприємств молокопереробної галузі з підготовки та впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів на основі концепцій НАССР. Міжнародний інститут безпеки та якості харчових продуктів (IFSQ). Київ, 2010. 194 с.
6. Белов Ю. П. Розробка та впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів НАССР. *Світ якості України*. 2005. № 2. С. 42—45.
7. Давлеев А. Д., Версан В. Г. Системы анализа рисков и определения критических контрольных точек. М., 2002. 594 с.

8. Доленко Г. О. Системна оптимізація. Прикладні задачі: Навч.-метод. посіб. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2012. 67 с.
9. Чаплінський Ю. П. Алгоритми системної оптимізації для різних припустимих варіацій параметрів. *Проблеми інформатизації та управління*. 2007. № 1. С. 163—168.
10. Годлевский М. Д., Бронин С. В., Чередниченко О. Ю. Распределённые модели управления развитием ВУЗа. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2007. № 1/2(25). С. 86—91.
11. Доленко Г. О., Хусаїнов Д. Я. Проблеми системної оптимізації в задачах динаміки. *Вісник Київського університету*. Серія: Кібернетика. 2009. Випуск 6. С. 15—21.
12. Волкович В. Л., Коленов Г. В. Метод раздельного решения взаимосвязанных оптимизационных задач. *Изв. АН СССР. Сер. Техн. киберн.* 1990. № 6. С. 28—43.
13. Михалевич В. С., Волкович В. Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, 1982. 286 с.
14. Чаплінський Ю. П., Субботіна О. В. Онтологія та контекст при розв'язанні прикладних задач прийняття рішень. *Штучний інтелект*. 2016. № 2. С. 147—155.

OBTAINING SWEETENER BY MICROBIAL SYNTHESIS

Y. Hayduk, Y. Penchuk

National University of Food Technologies

Key words:

Sweeteners
Microorganisms
Biotransformation
Tagatose
Lactose

Article history:

Received 08.07.2019
Received in revised form
24.07.2019
Accepted 13.08.2019

Corresponding author:

Y. Hayduk
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The choice of the most active microorganism, the choice of a cheaper substrate, the provision of optimal cultivation conditions and other technological features affect the obtaining sweeteners.

The paper analyzes the modern scientific literature of the last five years concerning the increase of the synthesis of sweeteners by biotransformation, on different substrates, using bacteria and yeast. In addition, bioconversion with microorganisms is considered to be an alternative to a large-scale commercial chemical process.

Providing technological parameters such as temperature, both during the accumulation of biomass and during production biosynthesis, the speed of rotation agitator, the creation of aerobic or anaerobic conditions, finding the most active strain of the producer allow to increase the concentration of sweeteners.

The review of foreign scientific works, which provide the implementation of biotechnological obtaining sweeteners, has been carried out. The peculiarities of using sweeteners — xylitol, sorbitol, erythritol, mannitol and *D*-tagatose were analyzed. Obtaining sweeteners is carried out using various microorganisms: *Y. lipolytica*, *G. thailandicus*, *C. tropicalis*, *L. plantarum*, *L. brevis* etc. Today scientists are focusing on finding the cheapest substrate for cultivating producers. To obtain erythritol, the most economically feasible was substrate — glycerin, for mannitol — artichoke tubers, for *D*-tagatose — lactose. Nonetheless finding substrates for xylitol and sorbitol remains relevant, as these sweeteners are received using a more expensive substrate — glucose, fructose. Therefore, the paper presents main technological parameters that influence the high-yielding obtaining sweeteners.

ОДЕРЖАННЯ ПІДСОЛОДЖУВАЧІВ МІКРОБНИМ СИНТЕЗОМ

Ю. М. Гайдук, Ю. М. Пенчук

Національний університет харчових технологій

Вибір найбільш активного мікроорганізму, більш дешевого субстрату, забезпечення оптимальних умов культивування та інші технологічні особливості впливають на одержання підсолоджувачів.

У статті проаналізовано сучасну наукову літературу останніх двох-п'яти років щодо підвищення синтезу підсолоджувачів шляхом біотрансформації на різних субстратах з використанням бактерій і дріжджів. Біоконверсія за допомогою мікроорганізмів вважається альтернативною великомасштабному комерційному хімічному процесу. Забезпечення технологічних параметрів, зокрема температури як під час накопичення біомаси, так і під час виробничого біосинтезу, швидкості обертів мішалки, створення аеробних або анаеробних умов, знаходження найбільш активно штаму-продуцента дає змогу збільшити концентрації підсолоджувачів.

*Здійснено огляд досліджень зарубіжних вчених, які передбачають реалізацію біотехнологічного одержання підсолоджувачів. Проаналізовано особливості високопродуктивного одержання цукрозамінників — ксилітолу, сорбітолу, еритритолу, манітолу та D-тагатози. Одержання підсолоджувачів здійснюється з використанням різних мікроорганізмів: *Y. lipolytica*, *G. thailandicus*, *C. tropicalis*, *L. plantarum*, *L. brevis* тощо. На сьогодні вчені зосередженні на знаходженні найбільш дешевого субстрату для культивування продуцентів. Для одержання еритритолу найбільш економічно доцільний виявився субстрат гліцерину, для манітолу — сахаризований артишок, D-тагатози — лактоза. Актуальним залишається знаходження субстратів для ксилітолу та сорбітолу, оскільки ці підсолоджувачі одержують на більш дорожчому субстраті — глюкозі, фруктозі. Наведено основні технологічні параметри, які впливають на високопродуктивне одержання підсолоджувачів.*

Ключові слова: підсолоджувачі, мікроорганізми, біотрансформація, тагатоза, лактоза.

Постановка проблеми. Нині науковці активно займаються розробкою та вдосконаленням біотехнологій одержання підсолоджувачів. Розвиток технологій пов'язаний з великою кількістю захворювань, спричинених надмірним споживанням цукру, — порушення вуглеводного обміну, діабет другого типу тощо [1].

Дослідники пропонують одержувати підсолоджувачі саме мікробіологічним синтезом. Спочатку застосовували хімічний спосіб одержання підсолоджувачів, який має ряд недоліків (утворення хімічних відходів і високі енерговитрати). До того ж хімічний спосіб супроводжується досить високою температурою і тиском, утворенням побічних речовин. Таке одержання

призводить до низького виходу підсолоджувачів і високої вартості при відокремленні побічних речовин. В останні роки дослідження вчених були спрямовані на розвиток біотехнологічних процесів виробництва підсолоджувачів. Ця альтернатива пояснюється економічністю, автоматизацією процесів, зниженням споживання енергії і простотою у виділенні через оптимізацію процесів. Науковці активно займаються знаходженням та забезпеченням більш екологічно безпечного процесу [2; 3].

На сьогодні досить велика кількість літератури, в якій містяться нові відомості про технології, що передбачають використання біотрансформації для синтезу різних підсолоджувачів (тагатози, сорбітолу, манітолу, ксилітолу, еритритолу). Переваги використання таких технологій пов'язані з економією часу, оскільки відбувається пряма біотрансформація субстрату на 80% у підсолоджувач.

У зв'язку з викладеним вище **метою дослідження** є аналіз сучасної наукової літератури, у якій висвітлюються питання одержання підсолоджувачів мікробіологічним синтезом.

Викладення основних результатів дослідження. Дослідження розробки та вдосконалення біотехнологій одержання підсолоджувачів. На сьогодні перспективним є одержання нешкідливих натуральних цукрозамінників з пребіотичними властивостями з метою маскуванню неприємних смакових властивостей таблеток та інших фармацевтичних продуктів, а також створення функціональних продуктів харчування.

Останні роки призвели до швидкого розвитку методів біосинтезу підсолоджувачів з недорогих субстратів. Прикладом є біосинтез такого підсолоджувача, як еритритол. Недорогим субстратом для одержання еритритолу є чистий або сирий гліцерин. У [4] було досліджено, що за одержання еритритолу з чистого гліцерину вихід і продуктивність підсолоджувача була вищою на 20%, ніж при використанні мікроорганізмами *Y. lipolytica* сирого гліцерину [4]. Незважаючи на такий успіх в дослідженнях, необхідна подальша оптимізація умов для забезпечення вдалого технологічного процесу.

Дослідження з метою поліпшення біосинтезу підсолоджувачів пояснюється високою роздрібною ціною (тагатози, еритритолу тощо), що є перешкодою для споживачів, незважаючи на те, що значна частина світового населення має надмірну вагу чи ожиріння [4]. З цієї причини у [3—4] пропонується удосконалення технології виробництва цукрозамінників.

Регулювання температури також впливає на успіх в одержанні значної кількості підсолоджувачів. Як приклад можна навести одержання *D*-тагатози. Технологічні особливості полягають в тому, що за відносно високих температур (60—70°C), біотрансформація *D*-галактози в *D*-тагатузу здійснюється краще, ніж за дотриманні низьких температур (53°C).

З дотримання температур впливає ще одна технологічна особливість — пошук найбільш активного продуцента фермента. Наприклад, в одержанні підсолоджувача *D*-тагатози беруть участь різні мікроорганізми (*C. hylemonae*, *G. stearothermophilus*), які характеризуються біопродукцією *D*-тагатози за участю фермента *L*-арабінозоізомерази. Але у [5] досліджено, що завдяки

використанню біологічного агента *P. seruginosa*, який продукує глюкозофосфатизомеразу, вихід підсолоджувача можна значно збільшити. Оскільки цей фермент глюкозофосфатизомераза відрізняється від інших *L*-арабінозоізомераз його оптимальною температурою (60°C) для виробництва *D*-тагати з мезофільних бактерій [5].

Еритритол. Технологія одержання еритритолу передбачає біотрансформацію субстрату (гліцерину, глюкози) ферментом еритрозоредуктазою в еритрит за участі різних мікроорганізмів. Для виробництва еритритолу використовують продуценти: *Yarrowia lipolytica*, *Trichosporonoides oedocephalis*, *Moniliella sp.* тощо [4; 6].

Хоча еритрит може бути отриманий хімічно з диальдегідного крохмалю, проте цей процес ніколи не був індустріалізований через його низьку ефективність.

Замість цього еритрит найчастіше утворюється з глюкози шляхом ферментації з використанням осмофільних дріжджів (*Aurobasidium sp.*, *Trigonopsis variabilis*, *Torula sp.*, *Candida magnoliae*, *Pseudozyma tsubakaensis*, і *Moniliella sp.*). Деякі з цих технологій були впроваджені в промисловому масштабі, однак вони мають високу вартість ферментаційних середовищ і велику кількість побічних продуктів (маніт і органічні кислоти). Утворення побічних продуктів передбачає подальше очищення еритритолу, що є досить складним і затратним. Альтернативою є пошук біологічних агентів, які будуть синтезувати еритрит з більш дешевих середовищ.

На сьогодні досить популярним та ефективним у виробництві еритритолу є *Y. lipolytica*. Цей продуцент є нестандартною моделлю дріжджів, яка добре відома своїми незвичайними метаболічними властивостями. *Y. lipolytica* може використовувати як основне джерело вуглецю гліцерин, замість глюкози. Таке використання джерела вуглецю є найбільш економічно доцільним, оскільки сирий гліцерин є побічним продуктом виробництва біодизелю або жирової промисловості (тобто омилення жирів, синтез стеарину), а отже, доступний у великих кількостях за нижчою ціною, ніж глюкоза. Більше того, гліцерин підвищує вихід еритритолу порівняно з глюкозою, що робить процес виробництва еритриту більш прибутковим [2].

Carly із співавт. стверджують, що еритритол одержують шляхом ферментації з використанням молочнокислих бактерій, осмофільних дріжджів або грибів. Але науковці, як і в літературному джерелі [2], вважають, що виробництво еритриту з осмофільних дріжджів є найбільш ефективним. Вченими були проведені різні дослідження з метою визначення ключових генів у *Y. lipolytica*, що беруть участь у синтезі еритриту. У дріжджів виявили ряд змін експресії білка при осмотичному стресі. Зміна білків, пов'язаних із захистом від стресу або енергетичним обміном вказує на те, що *Y. lipolytica* є ефективним мікроорганізмом для синтезу еритриту.

Виробництво еритриту залежить від умов культивування. Тому у [7] встановлено, що культивування продуценту еритриту потребує високого осмотичного тиску, який, зазвичай, досягається за рахунок високих концентрацій глюкози в діапазоні від 200 г/л до 400 г/л. Високих концентрацій солей

можна уникнути, оскільки осмотичний тиск, спричинений солями, має більший негативний вплив на ріст клітин [7]. Однак існує багато інших параметрів, які можуть впливати на синтез еритриту. Наприклад, у [7] дотримуються таких технологічних параметрів, як температура (30°C) і рН. Ці показники виявили значний вплив на виробництво еритриту в *Y. lipolytica*. При використанні гліцерину як джерела вуглецю рН 3,0 виявився оптимальним, що призвело як до більш високої продуктивності еритриту (до 2,86 г/л), так і до більш низького утворення побічних продуктів, особливо лимонної кислоти. Концентрація еритритолу склала 175 г/л.

Але у [8] повідомляється, що був вирощений штам *Y. lipolytica* DSM70562 у середовищі на основі глюкози (концентрацією 100 г/л) з більш високою продуктивністю при рН 5,5 (до 5,31 г/л). Концентрація еритритолу була 27,8 г/л. Тому, порівнюючи дві праці [7; 8], можна стверджувати, що такі параметри, як температура, тиск, поживне середовище (зокрема джерело вуглецю) впливають на технологічний процес у цілому.

У [9] дослідили підвищення виробництва еритриту *T. oedocephalis* ATCC 16958 шляхом регулювання активності ключового ферменту (еритрозоредуктази). Зокрема, для поліпшення продукції еритриту додавання іонів металів у поживні середовища є зручною й ефективною стратегією. Технологія передбачає вирощування *T. oedocephalis* ATCC 16958 на поживному середовищі з глюкозою (20 г/л) при температурі 30°C, рН 7,0 і 200 об/хв протягом 48 год. Під час виробничого біосинтезу було використано 50 г/л глюкози та 30 мг/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ для біотрансформації в еритритол за участю фермента еритрозоредуктази. Швидкість мішалки доводили до 350 об/хв, при цьому рН підтримували автоматично при 4,5 додаванням 10 М NaOH.

Виробництво еритриту підвищилося у *T. oedocephalis* ATCC 16958 при додаванні іонів Cu^{2+} і Mn^{2+} . Причиною збільшення виробництва еритриту є головним чином те, що Cu^{2+} підвищує активність еритрозоредуктази, тоді як Mn^{2+} змінює проникнення клітин. Cu^{2+} збільшив вміст еритриту на 86% (44,27 г/л) і зменшив утворення побічних продуктів на 31%.

Дослідження [9] показали, що рівні експресії еритрозоредуктази за наявності 30 мг/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ були вищими, ніж рівні, отримані після обробки іншими дослідженими іонами металів Al^{3+} або Ni^{2+} (34,83 г/л).

Отже, вдосконалення біотехнологій вплинуло на регулювання технологічних процесів виробничого біосинтезу, зокрема йдеться про додавання іонів Cu^{2+} в поживне середовище під час біотрансформації.

Ксилітол. Для біотехнологічного одержання заміниacza цукру ксилітолу використовують такі мікроорганізми: *Saccharomyces cerevisiae*, *Gluconobacter thailandicus* та *Candida tropicalis* [10; 11].

У [10] пропонується одержувати ксилітол за допомогою біотрансформації, з використанням рекомбінантної *E. coli*. Як субстрат використовується ксилозу. Концентрація ксиліту 21,2 г/л/год досягалася шляхом біотрансформації. Культивування проходило з використанням як джерела вуглецю 10 г/л ксилози 10 г/л глюкози. Особливістю ферментації було дотримання таких технологічних параметрів, як температура і рН. Досліджено вплив рН і тем-

пературу на біотрансформацію. Це дослідження проводили при рН в межах від 5,0 до 9,0. Оптимальну температуру реакції синтезу ксиліту визначали при температурі від 15 до 45°C. Співвідношення концентрації глюкози і ксилози оптимізували від 0,2:1 до 1,5:1 (г/г). Максимальна активність ксиліту була отримана при рН 8. Це було пов'язано з тим, що вихід різко знизився (до 40%) з подальшим підвищенням рН від 8 до 9. Оптимальна температура для біотрансформації ксиліту — 30°C, оскільки при зменшенні температури вихід ксилітолу зменшувався (до 20%) [10]. Отже, такі технологічні умови, як температура, рН, співвідношення концентрацій субстратів, які наведені вище, впливають на продуктивність культури.

Для підвищення синтезу замітника цукру ксилітолу використовують такі мікроорганізми: *C. tropicalis* МТСС 6192, *G. thailandicus* СGMCC1.3748 тощо.

У праці [11] досліджено виробництво ксилітолу з *G. thailandicus* СGMCC1.3748. Два ключових ферменти відіграють важливу роль у біотрансформації ксиліту з *D*-арабітолу, зокрема *D*-арабітолдегідрогеназа і НАДН-залежні ксилітодегідрогенази. Для забезпечення високої продуктивності необхідна достатня активність і регенерація ферменту ксилітдегідрогенази. Іноді мікроорганізми позбавлені системи регенерації НАДН самими клітинами, навіть якщо є достатній запас НАДН, необхідний для функціонування ферменту ксилітдегідрогенази. Вчені спробували під час технологічного процесу додавати екзогенний НАДН. Виявилось, що така технологія є неекономічною.

Один з найбільш ефективних способів продукування НАДН клітинами — введення ксилітдегідрогенази в клітину разом з додаванням субстрату, зокрема етанолу. Штам *G. thailandicus* СGMCC1.3748 вирощували на LB-середовищі з глюкозою (100 г/л). Культивування проводилось аеробно при 30°C і 150 об/хв протягом 48 год. Подальші дослідження базувались шляхом клонування й експресії нових генів ксилітолдегідрогенази та алкогольдегідрогенази у *E. coli* BL21 з *G. thailandicus* СGMCC1.3748. Під час виробничого біосинтезу був використаний субстрат *D*-арабітол (40 г/л). Процес біотрансформації проходив при 37°C і 150 об/хв.

Біотрансформація *D*-арабітолу у *G. thailandicus* призвела до збільшення кількості ксилітолу (32,8 г/л) без використання екзогенного постачання НАДН. Тому штам з саморегенеративною системою НАДН можна розглядати як перспективний біологічний агент для біотрансформації *D*-арабітолу в ксилітол [11].

Отже, аналіз літературних джерел [10-11] свідчить, що вчені зосереджені на пошуку найбільш економічно-доцільного способу одержання підсолоджувачів, а також на забезпеченні сприятливих умов для штамів *C. tropicalis* МТСС 6192 та *G. thailandicus* СGMCC1.3748.

Манітол. Технологія одержання манітолу передбачає біотрансформацію субстрату (фруктози, сахаризованого артишоку) манітолдегідрогенази в манітол за участю різних мікроорганізмів.

Існують різні мікроорганізми, які мають здатність до синтезу манітолу, зокрема молочнокислі бактерії, осмофільні дріжджі, гриби тощо [3].

Для виробництва манітолу використовують такі продуценти, як *Fructobacillus tropaeoli* [12], *L. brevis* [3], *Zygomonas mobilis*, *L. lactis* тощо. Серед них декілька гетероферментативних лактобацил, які могли б перетворювати фруктозу в манітол шляхом одностадійної ферментативної реакції. Такі молочнокислі бактерії вважаються найбільш ефективними манітольними виробниками [3]. Проте у [13; 14] передбачається використання високоцінних джерел вуглецю (фруктоза) [13] і джерела азоту (екстракт дріжджів і пептон) [14], що значно збільшило вартість.

У [3] пропонується одержувати манітол шляхом вирощування *Lactobacillus brevis*, який здатний біотрансформувати дешевий субстрат (оцукрений артишок із загальною концентрацією цукру 169 г/л). Доведено, що мікроорганізм *L. brevis* здатний продукувати 215,02 г/л манітолу [3].

Для високопродуктивного одержання манітолу використовують такі штами мікроорганізмів: *L. pseudomensenteroides* ATCC 12291, *L. pseudomesenteroides* STCC G123, *L. lactis* Δldh, *L. intermedius* NNRL B-3693 тощо.

У [15] вчені дослідили та описали біотехнологію одержання манітолу з фруктози з використанням ферменту манітолдегідрогеназа. Як високопродуктивний продуцент манітолдегідрогенази, з подальшою біотрансформацією фруктози, вчені пропонують використовувати такі штами мікроорганізмів: *L. intermedius* NNRL B-3693, *L. lactis* Δldh та генетично модифіковані — *E. coli*, *S. glutamicum*. Дослідники, в основному, фокусувались на останніх досягненнях щодо підвищення економічної ефективності мікробного виробництва манітолу. Використання генно-інженерних штамів збільшує вихід манітолу. Проте безпека манітолу, виробленого генетично модифікованими продуцентами, може викликати занепокоєння, особливо якщо манітол буде застосовуватись у медицині [15].

З вище запропонованих мікроорганізмів найвища концентрація манітолу була у *L. intermedius* NNRL B-3693 — 104,8 г/л. Технологія одержання манітолу базувалась на культивуванні *L. intermedius* при суміші меляси і фруктозного сиропу (1:1, загальний вміст цукрів — 150 г/л). Культуру вирощували при 37°C протягом 24 год. Вчені спостерігали ефективно отримання маніту шляхом регулювання рН в періодичному і ферментативному бродінні. Значення рН контролювали на 5,5 протягом перших 12 год для поліпшення росту клітин. Згодом значення були зміщені до 4,5 для посилення накопичення маніту. Процес виробничого біосинтезу передбачав біотрансформацію фруктози (150 г/л) за участю ферменту манітолдегідрогенази. Спостерігалось посилене виробництво манітолу 104,8 г/л через 22 год з додаванням соєвого пептону і кукурудзи як джерела азоту.

У [12] пропонується одержувати манітол з використанням штаму *F. tropaeoli* CRL 2034. Технологія одержання передбачає біотрансформацію субстрату фруктози (70 г/л) за участю ферменту манітол-2-дегідрогенази. *F. tropaeoli* CRL 2034 вирощували в аеробних умовах при 30°C протягом 48 год. Використовували MRS середовище для культивування мікроорганізму *F. tropaeoli* з 20% глюкози та фруктози. Ферментація була проведена при 30°C і рН 5,0 протягом 24 год при перемішуванні 350 об/хв. Під час біотрансформації фруктози концентрацією 70 г/л одержано — 56,84 г/л манітолу [12].

Сорбітол. Одержувати сорбітол можна з використанням таких мікроорганізмів: *Synechocystis* PCC 6803, *Z. mobilis*, *L. plantarum* тощо.

Для цього у [16] рекомендується використовувати бактерію *Z. mobilis*. Мікроорганізм є дуже популярним завдяки його ферменту глюкоза-фруктозооксидоредуктази. Цей фермент здатний біотрансформувати фруктозу і глюкозу в сорбітол і глюконолактон (з подальшим перетворенням в глюконову кислоту). Однак вчені зробили висновок, що необхідна подальша оптимізація умов культури *Z. mobilis*, щоб подолати багато недоліків, які можуть обмежувати промислову біотрансформацію сорбітолу. Серед цих проблем — відносно висока вартість субстратів, особливо фруктози, порівняно з вартістю продукції [16].

У [17] вчені рекомендують використовувати бактерію *L. plantarum* NCIM8826. Технологія одержання передбачає культивування бактерії на MRS-середовищі з додаванням 2% різних цукрів (глюкози, фруктози, мальтози, сахарози). Інокуляція відбувалась при 30 або 37°C, pH 5,5 та швидкістю перемішування 120 об/хв. Процес ферментації базувався на додаванні глюкози концентрацією 50 г/л, також підтримували температуру 37°C. Завдяки біотрансформації глюкози за участю ферменту сорбітолгідрогенази було утворено 42,3 г/л сорбітолу.

L. plantarum NCIM8826 здатний змінювати метаболічний шлях від фруктози-6-фосфат до виробництва сорбітолу з надзвичайно високою ефективністю (61—65% конверсії глюкози), яка близька до максимального теоретичного значення 67% [17].

Jan із співавт. дослідили використання різних субстратів для біотрансформації з метою одержання сорбітолу з *L. plantarum* sp. NCIM 2912. Було запропоновано використовувати (г/г⁻¹): 20 — глюкози або 7,3 — сахарози, 5,8 — фруктози або 6,4 — мальтози. В результаті досліджень для подальшої біотрансформації обрана глюкоза, оскільки штам NCIM 2912 здатний біотрансформувати глюкозу в сорбітол з концентрацією 19,7 г/л.

Також досліджено, що при збільшенні концентрації глюкози і подальшої оптимізації процесів продуктивність сорбітолу збільшується, тому технологія виробництва сорбітолу передбачає використання глюкози концентрацією 20 г/л⁻¹ і забезпечення технологічних параметрів, таких як температура (37°C, pH 7,0) і швидкість перемішування (300 об/хв). Однією з умов виробництва сорбітолу є додавання амінокислоти цистеїну в концентрації 3,5 г/л⁻¹. Через 42 год ферментативного виробництва максимум виявлено, що виробництво сорбіту становить 19,7 г/л⁻¹ [18].

D-гагатаза. В біотрансформації підсолонкувача беруть участь такі мікроорганізми: *L. brevis*, *Pseudomonas aeruginosa* PAO1, *Clostridium hylemonae* (DSM 15053), *L. plantarum*, *S. cerevisiae* та ін. [19—23].

У [19] вчені досліджують підвищення продуктивності *D*-гагатази за допомогою ферменту *L*-арабінозоізомерази від ізолюваного *L. brevis* PC16. Науковці стверджують, що біотрансформація *D*-галактози (за допомогою ключового каталізатора *L*-арабінозоізомерази) в *D*-гагатазу краще здійснюється за відносно високих температур (60—70°C). З огляду на це багато термофільних

мікроорганізмів були зареєстровані як продуценти *L*-арабінозоізомерази. Така технологія одержання *D*-тагатози передбачає вирощування *L. brevis* PC16 на DSM-середовищі з глюкозою при 37 °С при 160 об/хв протягом 48 год. Процес біотрансформації *D*-галактози (125 г/л) в *D*-тагатозу здійснювали за участі ферменту *L*-арабінозоізомерази. Також підтримували температуру 67°С, рН становив 6,5. Через 36 год було одержано 96,4 г/л *D*-тагатози при максимальній швидкості перетворення 77,2%.

У [19] був ідентифікований високопродуктивний новий штам *L. brevis* PC16, який здатний продукувати 96,4 г/л *D*-тагатози.

Для одержання високого виходу *D*-тагатози необхідно враховувати всі нюанси ферментаційних процесів, а також вибір біологічного агента. У [5] науковці займаються пошуками найбільш активного продуценту ферменту *L*-арабінозоізомерази для подальшого одержання підсолоджувача. Вчені досліджують біотрансформацію *D*-галактози в *D*-тагатозу саме з використанням фосфоглюкозоізомерази *P. aeruginosa* PAO1. Незважаючи на те, що різноманітні *L*-арабінозоізомерази характеризувалися біопродукцією *D*-тагатози, глюкозофосфатізомераза *P. aeruginosa* відрізняється від інших *L*-арабінозоізомераз його оптимальною температурою (60°С) для виробництва *D*-тагатози з мезофільних бактерій [5].

Технологія одержання базується на культивуванні *P. aeruginosa* PAO1 на LB-середовищі при 30°С, протягом 24 год. Вчені детально дослідили саме процес біотрансформації. Для максимальної ізомеризації *D*-галактози (1000 мМ) до *D*-тагатози підтримували температуру при 60°С, рН 7,0. Рівноважне співвідношення між *D*-галактозою і *D*-тагатозою досягається після 180 хв, з отриманням 567,51 мкМ від 1000 мМ *D*-галактози [5].

У праці [20] досліджувалось одержання ферменту *L*-арабінозоізомерази саме з *C. hylemonae* (DSM 15053) для подальшої біотрансформації [20]. Як і в [20; 21], досліджено та запропоновано використовувати саме фермент *L*-арабінозоізомерази, оскільки його каталітична ефективність (3,69 мМ⁻¹сек⁻¹) значно вища, ніж в інших раніше зареєстрованих ферментів [20].

У [21] обґрунтовано, які саме субстрати є більш економічно доцільними для подальшої біотрансформації в *D*-тагатозу. Вчені не рекомендують використовувати галактитол як субстрат, тому що галактитол має низький потенціал для комерційного виробництва тагатози, переважно через високу вартість, незважаючи на його високий коефіцієнт конверсії. Як альтернативу галактитолу пропонують використовувати більш дешеву сировину галактозу, яка зробить виробництво *D*-тагатози більш економічним [21].

У [22] одержання підсолоджувача *D*-тагатози базувалось на двостадійному процесі. На першому етапі відбувається накопичення біомаси на одному поживному середовищі MRS з концентрацією лактози і глюкози 20 г/л (протягом 18 год). Умови культивування $t = 37^{\circ}\text{C}$ і рН 6,7. *L. plantarum* (ендометаболіт) продукує фермент *L*-арабінозоізомеразу (L-AI). На другій стадії відбувається біотрансформація галактози (150 г/л) під дією ферменту *L*-арабінозоізомерази у *D*-тагатозу (34 год). Біотрансформація на 80% дає змогу

одержати 138 г/л тагатози. Вчені також дослідили, що додавання борату до *D*-галактози призводить до значного посилення виходу *D*-тагатози [22].

У [23] вчені дослідили ефективну біотрансформацію *D*-тагатози. Технологія полягала в культивуванні *S. cerevisiae* NL22 в бульйоні YPG, з 20 г/л *D*-галактози при 30°C і 150 об/хв протягом 24 год. Початковий рН доводили до 6,0. Подальший процес ферментації полягав у використанні лактози з утворенням *D*-галактози. Для цього лактозу (100 г/л) піддавали гідролізу, підтримуючи температуру 50°C. При біотрансформації лактози при 150 об/хв, через 24 год було отримано 43,6 г/л *D*-тагатози. Ефективність процесу пояснюється правильно підібраними технологічними характеристиками. Це температура для біотрансформації (50°C), поживне середовище (лактоза), біологічний агент (*S. cerevisiae* NL22) [23].

Узагальнені дані щодо утворення різних підсолоджувачів мікробним синтезом наведено у таблиці.

Таблиця. Продуценти підсолоджувачів

Підсолоджувач	Біологічний агент	Концентрація цільового продукту, г/л	Тривалість культивування, год	Біотрансформація субстрату	Література
1	2	3	4	5	6
Еритритол	<i>Y lipolytica</i>	175	52	Глюкози (200 г/л), за участю фермента еритрозоредуктази	[7]
	<i>Y. lipolytica</i> DSM70562	27,8	72	Глюкози (100 г/л), за участю фермента еритрозоредуктази	[7]
	<i>T. oedocephalis</i> ATCC 16958	44,27	72	Глюкози (50 г/л), за участю фермента еритрозоредуктази	[9]
Ксилітол	<i>E. coli</i>	21,2	52	Ксилози (10 г/л) та глюкози (10 г/л), у співвідношенні 1,5:1 (г/г), за участю фермента ксилітолдегідрогенази	[10]
	<i>G. thailandicus</i> CGMCC1.3748	32,8	48	<i>D</i> -арабітолу (40 г/л), за участю фермента ксилітолдегідрогенази	[11]
Манітол	<i>L. brevis</i> 3-A5	215,02	48	Сахаризованого артишоку (169 г/л), за участю фермента манітолдегідрогенази	[3]
	<i>L. intermedius</i> NNRL B-3693	104,8	46	Суміші меляси і фруктозного сиропу (1:1; загальний вміст цукрів, 150 г/л) за участю фермента манітолдегідрогенази	[15]
	<i>F. troapeoli</i> CRL 2034	56,84	72	Фруктози (70 г/л) за участю фермента манітол-2-дегідрогенази	[12]
Сорбітол	<i>L. plantarum</i> NCIMB8826	42,3	52	Глюкози (50 г/л), за участю фермента сорбітолдегідрогенази	[17]

1	2	3	4	5	6
	<i>L. plantarum</i> sp. NCIM 2912	19,7	42	Глюкози (20 г/л), за участю фермента сорбітолдегідрогенази	[18]
<i>D</i> -тагатоza	<i>L. brevis</i> PC16	96,4	84	Галактози (125 г/л) за участю фермента <i>L</i> -арабінозоізомерази	[19]
	<i>P. aeruginosa</i> PAO1	66,3	72	Галактози (116,9) за участю фермента <i>L</i> -арабінозоізомерази	[5]
	<i>L. plantarum</i>	138	52	Галактози (150) за участю фермента <i>L</i> -арабінозоізомерази	[22]
	<i>S. cerevisiae</i> NL22	43,6	48	Лактози (100) за участю фермента <i>L</i> -арабінозоізомерази	[23]

Висновок

Отже, технології високопродуктивного одержання підсолоджувачів — сорбітолу, *D*-тагатоzi, еритритолу, ксилітолу та манітолу, є досить різними та відрізняються своєю унікальністю і полягають у забезпеченні умов для мікроорганізмів та їх ферментів. Технології одержання підсолоджувачів передбачають біотрансформацію субстрату за участі різних ферментів. Для високої продуктивності необхідно дотримуватися технологічних умов: температури, рН, концентрації субстратів, при яких буде зберігатись активність продуцентів підсолоджувачів та активність ферментів. Такі умови забезпечать максимальний синтез цільових продуктів (підсолоджувачів).

Література

1. Monique C. B., Thiago D. Sweeteners and sweet taste enhancers in the food industry. *Food Sci. Technol.* 2018. Vol. 38, Iss. 2. P. 181–187. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/fst.31117>
2. Carly F., Vandermies M., Telek S. Enhancing erythritol productivity in *Yarrowia lipolytica* using metabolic engineering. *Metab. Eng.* 2017. Vol. 42. P. 19–24. doi: 10.1016/j.ymben.2017.05.002.
3. Cao H., Yue M., Liu G. Microbial production of mannitol by *Lactobacillus brevis* 3-A5 from concentrated extract of Jerusalem artichoke tubers. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2018. Vol. 65, Iss. 3. P. 484–489. doi:10.1002/bab.1590
4. Rzechonek D., Dobrowolski A., Rymowicz W. Recent advances in biological production of erythritol. *Crit. Rev. Biotechnol.* 2017. Vol. 38, Iss. 4. P. 620–633. doi: 10.1080/07388-551.2017.1380598
5. Patel M., Patel A., Akhani R. Rational bioproduction of *D*-tagatose from *D*-galactose using phosphoglucose isomerase from *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2016. Vol. 179, Iss. 5. P. 715–721. doi:10.1007/s12010-016-2026-7
6. Liu X., Yu X., Zhang T. Novel two-stage solid-state fermentation for erythritol production on okara-buckwheat husk medium. *Bioresour. Technol.* 2018. Vol. 266. P. 439–446. doi: 10.1016/j.biortech.2018.07.009
7. Carly F., Fickers P. Erythritol production by yeasts: a snapshot of current knowledge. *Yeast.* 2018. Vol. 35, Iss. 7. P. 455–463. doi: 10.1002/yea.3306
8. Ghezbash, G., Nahvi, I., Rabbani, M. Study of polyols production by *Yarrowia lipolytica* in batch culture and optimization of growth condition for maximum induction. *Jundishapur J. Microbiol.* 2012. Vol. 5, Iss. 1. P. 546–549.

9. Li L., Kang P., Ju X. Enhancement of erythritol production by *Trichosporonoides oedocephalis* ATCC 16958 through regulating key enzyme activity and the NADPH/NADP ratio with metal ion supplementation. *Prep. Biochem. Biotechnol.* 2018. Vol. 48, Iss. 3. P. 257—263. doi: 10.1080/10826068.2018.1425712
10. Jin L., Xu W., Yang B. Efficient biosynthesis of xylitol from xylose by coexpression of xylose reductase and glucose dehydrogenase in *Escherichia coli*. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2018. Vol. 3. P. 1—15. doi: 10.1007/s12010-018-2878-0
11. Zhang H., Yun J., Zayed H. Production of xylitol by expressing xylitol dehydrogenase and alcohol dehydrogenase from *Gluconobacter thailandicus* and co-biotransformation of whole cells. *Bioresour. Technol.* 2018. Vol. 257. P. 223—228. doi: 10.1016/j.biortech.2018.02.095
12. Ruiz L., Aller K., Bru E. Enhanced mannitol biosynthesis by the fruit origin strain *Fructobacillus tropaeoli* CRL 2034. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2017. Vol. 101, Iss. 15. P. 6165—6177. doi: 10.1007/s00253-017-8395-1
13. Papagiannia, M., Legisa, M. Increased mannitol production in *Lactobacillus reuteri* ATCC 55730 production strain with a modified 6-phosphofructo-1-kinase. *J. Biotechnol.* 2014. Vol. 181. P. 20—26. doi: 10.1016/j.jbiotec.2014.04.007
14. Ortiz M., Raya R., Mozzi F. Efficient mannitol production by wild-type *Lactobacillus reuteri* CRL 1101 is attained at constant pH using a simplified culture medium. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2015. Vol. 99. P. 8717-8729. doi: 10.1007/s00253-015-6730-y
15. Zhang M., Gu L., Cheng C. Recent advances in microbial production of mannitol: utilization of low-cost substrates, strain development and regulation strategies. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2018. Vol. 34, Iss. 3. P. 17. doi: 10.1007/s11274-018-2425-8
16. Marques C., Tarek R., Sara M. Sorbitol production from biomass and its global market. *Future Gr Ind.* 2016. Iss. 12. P. 217—227. doi: doi.org/10.1016/B978-0-12-802980-0.00012-2
17. Ladero V., Ramos A., Wiersma A. High-level production of the low-calorie sugar sorbitol by *Lactobacillus plantarum* through metabolic engineering. *Appl. Environ. Microbiol.* 2009. Vol. 73, Iss. 6. P. 1864—1872. doi: 10.1128/AEM.02304-06
18. Jan N., Tripathi A., Singh S. Enhanced sorbitol production under submerged fermentation using *Lactobacillus plantarum*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2017. Vol. 4, Iss. 2. P. 1—7. doi: <https://doi.org/10.22037/afb.v4i2.13514>
19. Qi G., Yingfeng A., Junhua Y. Enhanced D-tagatose production by spore surface-displayed L-arabinose isomerase from isolated *Lactobacillus brevis* PC16 and biotransformation. *Bioresour Technol.* 2017. Vol. 247. P. 940—946. doi: 10.1016/j.biortech.2017.09.187
20. Nguyen T., Hong M., Chang P. Biochemical properties of L-arabinose isomerase from *Clostridium hylemonae* to produce D-tagatose as a functional sweetener. *PLoS One.* 2018. Vol. 13, Iss 4. P. 1—12. doi: 10.1371/journal.pone.0196099
21. Jayamuthunagai J., Gautam P., Srisowmeya G. Biocatalytic production of D-tagatose: a potential rare sugar with versatile applications. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2017. Vol. 57, Iss 16. P. 3430—3437. doi: 10.1080/10408398.2015.1126550
22. Jayamuthunagai J., Srisowmeya G., Chakravarthy M. D-tagatose production by permeabilized and immobilized *Lactobacillus plantarum* using whey permeate. *Bioresour Technol.* 2017. Vol. 235. P. 250—255. doi: 10.1016/j.biortech.2017.03.123
23. Zheng Z., Xie J, Liu P. Elegant and efficient biotransformation for dual production of D-tagatose and bioethanol from. *J. Agric. Food Chem.* 2019. Vol. 14. P. 1—7. doi: 10.1021/acs.jafc.8b05150

IDENTIFICATION OF SOLVENTOGENIC BACTERIA
CLOSTRIDIUM BEIJERINCKII AND *CLOSTRIDIUM*
ACETOBUTYLICUM ISOLATED FROM NATURAL
SOURCES

S. Skrotskyi, L. Khomenko, O. Vasyliuk, L. Zelena, S. Voychuk
Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NASU

Key words:

Clostridium
Biobutanol
Identification
PCR
Solventogenic bacteria

Article history:

Received 18.07.2019
Received in revised form
09.08.2019
Accepted 22.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Anaerobic solvent-producing bacteria (those producing acetone, butanol and ethanol) were studied. The solventogenic bacteria isolated from different ecological niches were identified. Four active strains producing acetone-butanol-ethanol were selected on the basis of their ability to form acetone (3.8—5.0 g/l).

The morphological changes of clostridia cells were studied by electron microscopy. Vegetative cells occurred as short or long rods with rounded ends, as single cells or in pairs, the mean cell size is 0.6 ± 1.5 to 2.4 ± 6.7 μm . At the end of the exponential growth phase rod-shaped cells began to accumulate granules and turned to cigar-shaped. All strains were motile (had flagella).

All isolated strains assimilated arabinose, galactose, glucose, galactose, lactose, maltose, xylose, mannose, sucrose, raffinose, trehalose, fructose, but not glycerol, ribose, sorbitol. Formed indole, urease, lipase, lecithinase. Under anaerobic conditions all strains formed n-butyl alcohol, acetone, ethanol and produced carbon dioxide and hydrogen when cultivated in a medium containing 6% barley, rye, corn mash and Rushman's medium.

The most active butanol producers were identified on the basis of phenotypic characteristics and 16S rDNA sequence: IMV B-7807 strain as *Clostridium acetobutylicum*, IMV B-7701, IMV B-7702 and IMV B-7806 as *Clostridium beijerinckii*. The 16S rDNA sequence of these strains were deposited in GenBank database.

**ІДЕНТИФІКАЦІЯ СОЛЬВЕНТОГЕННИХ БАКТЕРІЙ
CLOSTRIDIUM BEIJERINCKII, *CLOSTRIDIUM
АСЕТОВУТУЛІСІУМ*, ІЗОЛЬОВАНИХ З ПРИРОДНИХ
ДЖЕРЕЛ**

С. О. Скроцький, Л. А. Хоменко, О. М. Василюк, Л. Б. Зелена, С. І. Войчук
Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

У статті досліджено анаеробні сольвентогенні бактерії (тобто такі, що утворюють розчинники бутанол, ацетон, етанол). Проведено ідентифікацію природних ізолятів сольвентогенних бактерій з різних еконіш. Відібрано чотири активні штами-продуценти ацетону-бутанолу-етанолу за здатністю до утворення ацетону (3,8—5,0 г/л).

Вивчено морфологічні зміни клітин штамів роду *Clostridium* з використанням електронного мікроскопа. Показано, що вегетативні клітини мають форму прямих коротких або довгих паличок із закругленими кінцями (середній розмір від $0,6 \pm 1,5$ до $2,4 \pm 6,7$ мк), що розміщені поодинокі або утворюють пари. У кінці експоненційної фази росту паличковидні клітини починають накопичувати гранульозу, а форма клітини змінюється на сигаровидну (форму клостридій). Усі штами були рухливі (мали джгутики).

Виявлено, що всі штами засвоювали моноцукри: арабінозу, галактозу, глюкозу, галактозу, лактозу, мальтозу, ксилозу, манозу, сахарозу, рафінозу, трегалозу, фруктозу, але не гліцерин, рибозу, сорбіту. Утворювали індол, уреазу, ліпазу, лецитіназу. Досліджені штами в анаеробних умовах утворюють *n*-бутиловий спирт, ацетон, етанол і виділяють вуглекислий газ і водень при культивуванні на середовищі з 6% ячмінним, житнім, кукурудзяним заторами та на середовищі Рушмана.

На підставі фенотипових і генетичних досліджень ізолятів, які показали максимальну продукцію бутанолу, проведено ідентифікацію та встановлено, що штаму IMB B-7807 належить до виду *Clostridium acetobutylicum*, а штами IMB B-7701, IMB B-7702, IMB B-7806 до виду *Clostridium beijerinckii*. Послідовності 16S рДНК бактеріальних ізолятів, використаних у процесі дослідження, були депоновані в базах даних GenBank.

Ключові слова: *Clostridium*, біобутанол, ідентифікація, ПЛР, сольвентогенні бактерії.

Постановка проблеми. Останнім часом у зв'язку з систематичним підвищенням цін на нафту зростає активність у пошуку альтернативних джерел енергії. Значне місце серед них займає біопаливо [1—4], яке має ряд важливих переваг: низька ціна, обумовлена використанням місцевої сировини для виробництва, та екологічна чистота. За своїми характеристиками біобутанол подібний до бензину та може використовуватись у транспортних засобах без зміни двигунів або їх конструкції [5]. Світовий ринок бутанолу сьогодні перевищує 4,5 млрд літрів і оцінюється більше, ніж у 6 млрд дол. США [4].

Поставка біопалива до кінцевого споживача може бути налагоджена на базі вже наявної інфраструктури постачання палива [6; 7].

Штами роду *Clostridia* — це один з найвідоміших комерційних мікроорганізмів, які придатні до перетворення великої кількості відновлювальної рослинної біомаси та відходів сільського господарства в бутанол, ацетон, етанол, масляну та оцтову кислоти. Серед мікроорганізмів роду *Clostridium* декілька видів можуть синтезувати органічні розчинники та органічні кислоти при ферментації широкого спектра вуглеводних субстратів [8—10]. Одним із видів, що викликають особливу зацікавленість як потенційний сольвентогенний мікроорганізм, є *Clostridium acetobutylicum*. Він здатний до швидкого перетворення цукрів у розчинники шляхом ферментації ацетон-бутанол-етанол (АБЕ). Його використовували з часів Першої світової війни й до середини минулого століття в промисловому масштабі, спочатку для виробництва ацетону, а потім для виробництва бутанолу [11]. Ціна на сировину зробила процес АБЕ економічно не вигідним порівняно з виробництвом бутанолу в нафтохімічній галузі, що й призвело до закриття АБЕ заводів. Останнім часом інтерес до бутанолу посилюється через переоцінку переваг використання мікробного синтезу бутанолу ацетоно-бутиловими бактеріями роду *Clostridium* та зростання інтересу до їх вивчення.

Метою дослідження є проведення ідентифікації за допомогою фізіолого-біохімічних, мікроскопічних і генетичних методів ізолюваних з природних джерел штамів сольвентогенних бактерій.

Матеріали і методи. *Об'єкт дослідження:* штами мікроорганізмів роду *Clostridium A, Г, Ж, 10, Б* (ІМВ В-77806, ІМВ В-7701, ІМВ В-7702, ІМВ В-7807).

Для підтримки бактеріальних клітин в активній фазі росту, їх культивували на тіоглеколовому бульйоні (HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., Індія) без струшування під шаром вазелінової олії при 37 °С.

Дослідження морфолого-культуральних і фізіолого-біохімічних властивостей. Ідентифікацію культур проводили за визначниками Бергі [12]. Для порівняльних досліджень при встановленні систематичного положення культур як еталонні використовували дані щодо типових штамів [13; 14].

Культурально-морфологічні ознаки АББ вивчали на основі загальнозжиганих методів [15—17]. Колір, інтенсивність забарвлення і консистенцію колоній визначали у сьомі добових культур на чашках Петрі з МПА.

Світлова мікроскопія. Форму і розмір клітин досліджували у 24—48 годинних культур після їх росту на ТГГ за допомогою світлового мікроскопу Carl Zeiss Primo Star (Німеччина), для фотографування використовували камеру Canon PowerShot A640 (Японія). При визначенні гранульози препарати з фіксованими клітинами фарбували розчином Люголю. А для дослідження морфології клітин використовували метод фарбування кристал-фіолетом.

Електронна мікроскопія. Бактерії вирощували при різних концентраціях бутанолу в тіоглеколовому середовищі при 28°C упродовж 72 год. По 1 мл суспензій бактерій переносили в мікропробірки і центрифугували при 10 000 rpm 5 хв, ресуспендували в 950 мкл фосфатно-сольового буфера (ФСБ рН 7,2) і

вносили 50 мкл глутарового альдегіду (25%). Через 15 хв при кімнатній температурі зразки двічі відмивали від глутарового альдегіду центрифугуванням, щоразу витримуючи 15 хв в ФСБ. Після останньої промивки проби ресуспендували в 700 мкл ФСБ і вносили 300 мкл метанолу. Проби поміщали в холодильник і зберігали при 4—10°C.

Визначення розмірів клітин, їх загальної морфології проводили методом електронної мікроскопії. Для цього готували спиртові суспензії клітин, для висушування при кімнатній температурі наносили на мідні сіточки із вуглецевим покриттям. Після цього клітини аналізували за допомогою трансмісійного електронного мікроскопа JEM-1400 (Jeol, Японія) при прискорюючій напрузі 80 кВ та інструментальному збільшенні $\times 50$ тис. — $\times 100$ тис.

Філогенетичний аналіз. Бактеріальну ДНК виділяли з суспензії бактеріальних клітин з використанням набору GeneJet Genomic DNA Purification Kit (ThermoScientific), згідно з інструкцією виробника. Ампліфікацію гена 16S рРНК проводили з праймерами 27f (5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3') і 1492r (5'-CGGTTACSTTGTTCACGA CTT-3') за такоготемпературного режиму: 95°C, 2 хв; 30 циклів — 95°C, 30 с; 55°C, 45 с; 72°C, 90 с; кінцева елонгація 72°C, 7 хв ПЛР-суміш, об'ємом 25 мкл, містила 12,5 мкл 2 \times DreamTaq PCR Master Mix (ThermoScientific), 30 пкмоль кожного праймера та 50 нг ДНК. ПЛР проводили на ампліфікаторі Mastercycler Personal 5332 (Eppendorf, Німеччина). Продукти ПЛР розділяли у 1,7% агарозному гелі, що містив 0,01% бромистого етидію. Результати візуалізували в УФ-світлі. Отриманий амплікон розміром ~ 1500 п.н. вирізали з гелю й очищували за допомогою набору GeneJet PCR Purification Kit (ThermoScientific). Концентрацію ДНК визначали на спектрофотометрі DS-11 FX+ (DeNovix, США). Очищений ПЛР-продукт сиквенували у двох напрямках на приладі «Genetic Analyzer 3130» (Applied Biosystems, США) з використанням набору реактивів «BigDye Terminator v 3.1 Cycle Sequencing Kit». Отриману нуклеотидну послідовність порівнювали з внесеними до бази даних GenBank за допомогою програми NCBI Blastn (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>). Філогенетичний аналіз, вирівнювання нуклеотидних послідовностей 16S рДНК представників різних видів роду *Clostridium* здійснювали за допомогою програми MEGA 5. Дендрограму філогенетичних зв'язків будували за допомогою методу найближчого зв'язування (Neighbor Joining) з використанням двопараметричної моделі Кімури по 1000 реплікам бутстреп-аналізу. Послідовності гена 16S рРНК типових культур бактерій роду *Clostridium* були взяті з бази даних GenBank.

Наявність у середовищі культивування ацетону визначали якісною реакцією, яка базується на взаємодії (конденсації) фенолігдрозинів з кетонами з утворенням фенолігдрозонів. При наявності ацетону в досліджуваних зразках випадає білий осад [8].

Статистична обробка отриманих результатів. Результати досліджень обробляли статистичними методами [18] з використанням *t*-критерію Стьюдента. Підрахунки проводили за допомогою пакета програмних засобів Microsoft Excel [19].

Результати та обговорення. Природні ізоляти сольвентогенних бактерій були виділені попередньо з різних еконіш: річковий мул, чорнозем, польовий і лісовий ґрунти, торф, активний мул очисних споруд. Відбір штамів-продуцентів ацетону-бутанолу-етанолу проводили візуально за виділенням вуглекислого газу, розрідженням щільного поживного середовища та загальним його освітленням, а також за наявністю спор, позитивним забарвленням по Граму. Початковий відбір проводили за здатністю до утворення ацетону, в результаті чого виявлено, що у 4 активних штамів його кількість становила 3,8—5,0 г/л (табл. 1). У результаті вищеназваних ознак ізоляти спочатку були віднесені до роду *Clostridium*.

Таблиця 1. Досліджені штами

Робочий номер	Місце виділення	Кількість ацетону, г/л
А	Активний мул водоочисних споруд, м. Яготин	5,0
Г	Курячий послід	3,8
Ж	Силосна яма, м. Яготин	4,3
10	Жомова яма, м. Яготин	4,5

За морфологією всі штами утворювали колонії від 2—5 мм, круглі, підняті з цілим краєм, від сірого до сірувато-білого кольору, напівпрозорі, глянцеві (рис 1).

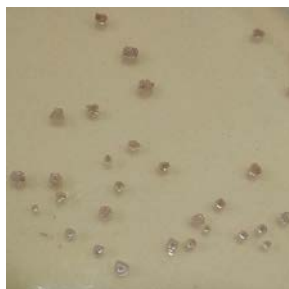


Рис. 1. Поодинокі колонії штаму *Clostridium* spp. на чашці з агаром (ТГГ)

На електронному мікроскопі досконало вивчені морфологічні зміни клітин штамів роду *Clostridium*. Показано, що вегетативні клітини мають форму прямих коротких або довгих паличок із закругленими кінцями, середній розмір $0,6 \pm 1,5$ до $2,4 \pm 6,7$ μm , розміщені поодинокі або утворюють пари (рис. 2). Для штаму 10 розмір клітин становив $0,6$ — $0,9$ до $2,4$ — $4,7$ μm та для штамів А, Г, Ж — $1,5$ — $7,5$ μm . У кінці експоненційної фази росту паличко-видні клітини починають накопичувати гранульозу, яка за даними наукової літератури, в основному складається з α -1,4-зв'язаного поліглюкану [20]. В результаті форма клітини змінюється на сигаровидну, тобто форму клостридій (рис. 3 А, Б). Ці морфологічні зміни зазвичай асоційовані з перемиканням метаболізму від синтезу кислот до синтезу нейтральних продуктів — спиртів і ацетону. Клітини старіючої культури переходять до спороутворення (рис. 2 Д, Е, та рис. 3 Б, В). Ендоспори мають овальну або сферичну форму.

Спори можуть переносити різні стресові стани (ультрафіолетове світло, засуху чи мороз), а при покращенні умов вони проростають і починається новий цикл розвитку бактерій [21]. Усі штами були рухливі (мали джгутики).

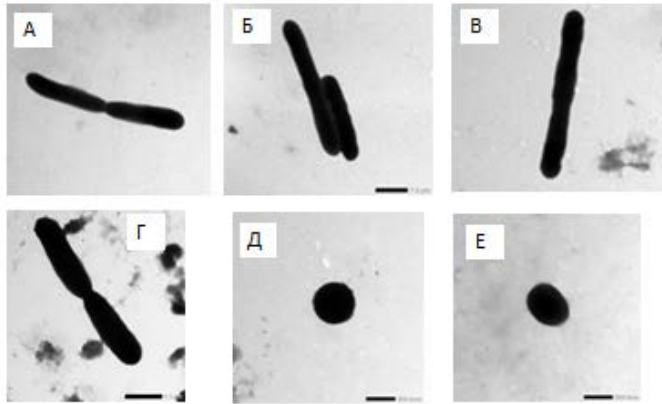


Рис. 2. Морфологічна характеристика при мікроскопіюванні на електронному мікроскопі (збільшення $\times 80000$) штамів роду *Clostridium*. А—Г) прямі палички; Мітка 1 μm . Д—Е) спори. Мітка 500 нм

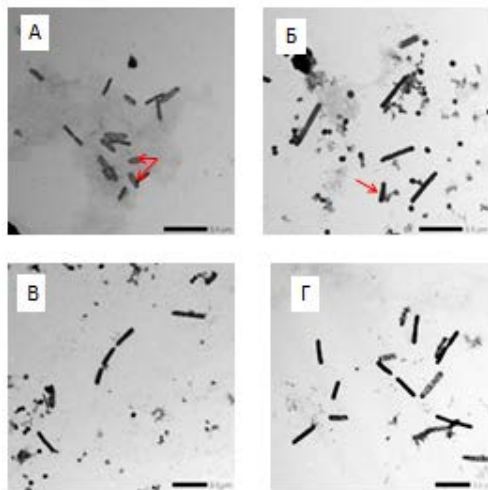


Рис. 3. Морфологічна характеристика при мікроскопіюванні на електронному мікроскопі (збільшення $\times 80000$) штамів роду *Clostridium*. А, Б) сигароподібні клітини клітини; А—Г) прямі палички; Б-В) спори. Мітка 5 μm

Виділені штами гетеротрофні, облігатні анаероби, желатин не розріджують, м'ясо-пептоний агар розривають внаслідок утворення газів.

Досліджені фізіолого-біохімічні властивості штамів збігаються з описаними для роду *Clostridium* (табл. 2). Усі штами засвоювали моноцукри: арабінозу,

галактозу, глюкозу, галактозу, лактозу, мальтозу, ксилозу, манозу, ахарозу, рафінозу, трегалозу, фруктозу, але не гліцерин, рибозу, сорбіту. Утворювали індол, уреазу, ліпазу, лецитіназу.

Таблиця 2. Основні фізіолого-біохімічні ознаки штамів роду Clostridium

Характеристики	10	A	Г	Ж
Засвоєння:				
арабінози, галактози, глюкози, галактози, лактози*, мальтози*, ксилоза, манози*, сахарози, рафінози*, трегалоза, фруктози гліцерину, рибози*, сорбіту*	+	+	+	+
глікогену	-	-	-	-
дульциту*	+	-	-	-
інозиту	-	+	+	+
інуліну	-	+	+	+
маніту*	+	-	-	-
меллицитоза	-	+	+	+
мелібіоза	-	+	+	+
саліцин*	+	-	-	-
трегалоза	-	+	+	+
целобіоза	-	+	+	+
Утворення:				
Індолу, уреазу, ліпази, лецитінази	-	-	-	-
H ₂ S*, казеїну, рибофлавіну на молоці	+	-	-	-
Нітратредукція*	+	-	-	-
Гідроліз:				
крохмалю*, желатину*	+	-	-	-
Чутливість до рифампіциліну*	чутливі	резист	резист	резист

Примітка: позитивна реакція (+); негативна реакція (-); зірочкою (*) відмічені діагностичні ознаки.

Встановлено, що штам 10 (на відміну від інших досліджуваних штамів) характеризувався такими діагностичними ознаками: був здатний до засвоєння глікогену, дульцину, маніту, саліцину та утворював H₂S, казеїн і рибофлавін на молоці (діагностичні ознаки). Відомо, що *C. acetobutylicum* відрізняється від *C. beijerinckii* здатністю до розрідження желатину та відсутністю її у звурдженні молока, утворенні рибофлавіну та чутливості до рифампіцину. Всі досліджені штами в анаеробних умовах утворюють *n*-бутиловий спирт, ацетон, етанол і виділяють вуглекислий газ та водень при культивуванні на середовищі з 6% ячмінним, житнім, кукурудзяним заторами та середовищі Рушмана.

Тож досліджені штами були віднесені до видів: *Clostridium beijerinckii* (A, Г, Ж) та *Clostridium acetobutylicum* (штам 10). Ідентифіковані штами були визначені як непатогенні та нетоксичні, депоновані у Депозитарії Інституту мікробіології та вірусології НАН України ім. Д. К. Заболотного як *Clostridium*

beijerinckii IMB B-7701 (штам Г), IMB B-7702 (штам Ж), MB B- 7806 (штам А), *Clostridium acetobutylicum* IMB B-7807 (штам 10).

З огляду на те, що багато досліджень підтверджують невідповідність культурально-морфологічних і фенотипічних особливостей штамів з молекулярно-філогенетичним аналізом [13; 22—24], був застосований молекулярно-генетичний метод — ПЛР. У результаті реакції сиквенування штамів отримана нуклеотидна послідовність фрагмента гена 16S рРНК довжиною 1500 пар нуклеотидів. Нуклеотидні послідовності штамів зареєстровані у базі GenBank (табл. 3). Порівняльний аналіз сиквенса досліджуваних штамів з послідовностями гена 16S рРНК (рис. 4), задепонованими у базі даних GenBank, виявив його приналежність до роду *Clostridium*. Найвищий рівень схожості послідовності виявлено між штамом 10 та *Clostridium acetobutylicum* ATCC 824 і JCM1419 (100%), високі рівні схожості (93,0%) виявлені між IMB B-7807 та *Clostridium tyrobutyricum* та *Clostridium pasteurianum*.

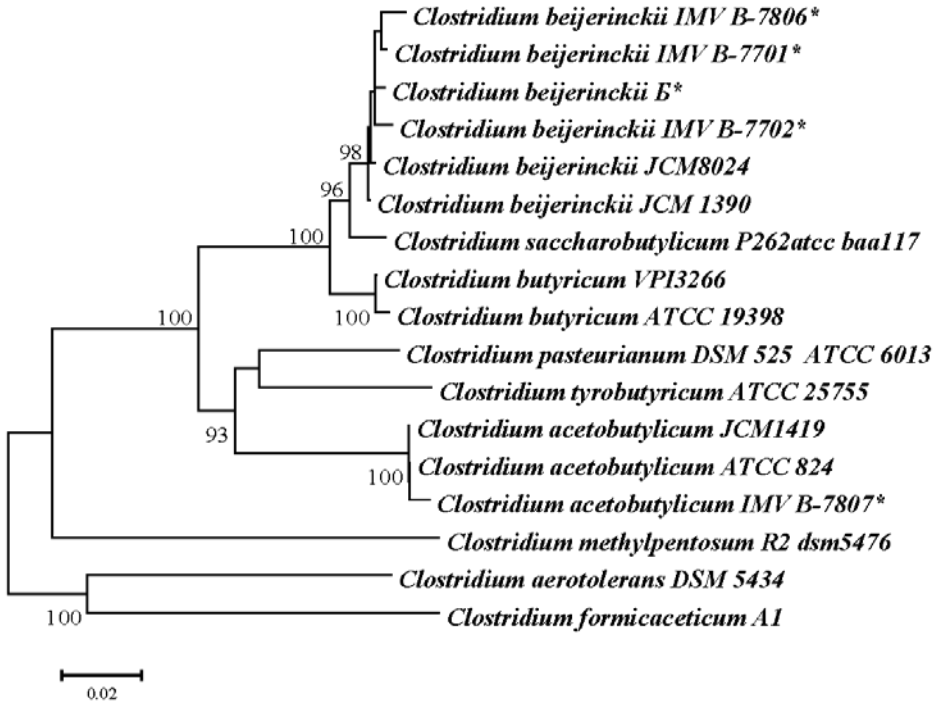


Рис. 3. Дендрограма філогенетичних зв'язків між досліджуваними штамми та типовими штамми бактерій роду *Clostridium*, побудована на основі нуклеотидних послідовностей гена 16S рРНК за допомогою методу найближчого зв'язування (Neighbor Joining) з використанням двопараметричної моделі Кімури (цифрами вказана статистична достовірність точки розгалуження, визначена за допомогою бутстреп-аналізу)

Таблиця 3. Видова належність досліджуваних штамів та їх номер в GenBank і Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології НАН України ім. Д. К. Заболотного

Робочий номер штаму	Видова назва	Номер у Депозитарії Інституту мікробіології та вірусології НАН	Номер GenBank (аналізом нуклеотидної послідовності 16S рДНК)
1	2	3	4
А	<i>Clostridium beijerinckii</i>	ІМВ В-7806	МК463633 (МК463635)
Г	<i>Clostridium beijerinckii</i>	ІМВ В-7701	MN006695 (MN006702)
Ж	<i>Clostridium beijerinckii</i>	ІМВ В-7702	MN006696 (MN006703)
10	<i>Clostridium acetobutylicum</i>	ІМВ В-7807	МК463632 (МК463634)

На основі отриманих даних побудоване філогенетичне дерево, яке визначає місце досліджуваних штамів серед інших видів роду *Clostridium* (рис. 4). Виявлено, що штам ІМВ В-7807 формував спільний кластер із типовим штамом виду *Clostridium acetobutylicum* ATCC 824. А штами ІМВ В-7701 (штам Г), ІМВ В-7702 (штам Ж), ІМВ В-7806 (штам А) показували схожість з *Clostridium beijerinckii* JCM8024 та JCM1390 (типовий ATCC 25752) на 98% та *Clostridium saccharobutylicum* P262atccbaa117 на 96%. Для всіх досліджених штамів була підтверджена належність до виду *Clostridium beijerinckii* ІМВ В-7701, ІМВ В-7702, ІМВ В-7806 та *Clostridium acetobutylicum* штам ІМВ В-7807.

Висновки

Отже, на підставі фенотипових і генетичних досліджень ізолятів, які показали максимальну продукцію бутанолу, була проведена ідентифікація та встановлено, що штам ІМВ В-7807 належить до виду *Clostridium acetobutylicum*, а штами ІМВ В-7701, ІМВ В-7702, ІМВ В-7806 до виду *Clostridium beijerinckii*. Послідовність 16S рДНК бактеріальних ізолятів, використаних у роботі, депонована в базах даних GenBank.

Література

1. Храмов А.Г., Василисин С.В. Промышленная переработка вторичного молочного сырья. М.: ДеЛи принт. 2003, 232 с.
2. Івашко Р.Г. Біопаливо. Україна — 2008. Міжнародна промислова конференція і виставка «Біопаливо. Україна — 2008» Тез. доп. — К.: Наук. думка. 2008. С. 58.
3. Demirbas A. Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review. *Appl. Energy*. 2009, 86: 108-117.
4. Jones D. T., Woods D. Acetone-butanol fermentation revisited. *Microbiology Reviews*. 1986, 50: 484-524.
5. Visioli L.J, Enzweiler H., Kuhn R.C, Schwaab M., Mazutti M.A. Recent advances on biobutanol production. Sustainable Chemical Processes. *Sustainable Chemical Processes*. 2014, 2:15. <https://doi.org/10.1186/2043-7129-2-15>.
6. Papoutsakis E.T. Engineering solventogenic clostridia. *J. Current opinion in biotechnology*. 2008, 19: 420-429. DOI:10.1016/j.copbio.2008.08.003.

7. Андрусина И. Наночастицы металлов: способы получения, физико-химические свойства, методы исследования и оценка токсичности. *Сучасні проблеми токсикології*. 2011, 3: 5—14.
8. Патент RU 2455350C1. Штамм бактерий *Clostridium acetobutylicum* — продуцент н-бутанола. Сушкова В. И., Яроцкий С. В. выдано 2012.07.10.
9. WO2012035420A1. *Clostridium beijerinckii* DSM 23638 and its use in the production of butanol. Daniele Bianchi Francesca, De Ferra Luca, Paolo Serbolisca. 2012.03.22.
10. Патент RU2393213C1. Штамм бактерий *Clostridium acetobutylicum* — продуцент н-бутилового спирта, ацетона и этанола. Поляков В.А., Римарева Л.В., Галкина Г. В., Илларионова В. И., Куксова Е.В., Горбатова Е.В., Волкова Г.С. Выдано 2010.06.27.
11. Killeffer D.H. Butanol and acetone from corn: A description of the fermentation process. *Industrial & Engineering Chemistry*. 1927, 19 (1): C.46-50.
12. Ed. J. Houlta. The Shorter Bergey's Manual of Determinant Bacteriology. *Moscow, Mir*. 1980, 495 p.
13. Keis S., Bennett C. F., Ward V. K., Jones D. T. Taxonomy and phylogeny of industrial solvent-producing clostridia. *Int J Syst Bacteriol*. 1995, 45: 693—705.
14. McCoy E., Fred E. B., Peterson W. H., Hastings E. G. A cultural study of the acetone butyl alcohol organism. *J Infect Dis*. 1926, 39: 457—484.
15. Лабинской А. С. Микробиология с техникой микробиологических исследований. Под ред.— М.: Медицина. 1972, 497 с.
16. Звягинцева Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Изд-во МГУ. 1991, 303 с.
17. Селибер Г. Л. Большой практикум по микробиологии. М.: Высшая школа. 1962, С. 16—17.
18. Лакин Г. Ф. Биометрия. Москва. Высшая школа. 1980. 293 с.
19. Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с применением «Excel». К.: Морион. 2000. 320 с.
20. Shaheen R., Shirley M., Jones D. T. Comparative fermentation studies of industrial strains belonging to four species of solvent-producing clostridia. *J. Mol. Microbiol. Biotechnol*. 2000, 2: 115—124.
21. Bowles L. K., Ellefson W. L. Effects of butanol on *Clostridium acetobutylicum*. *Appl. Environ. Microbiol*. 1985, 50: 1165—1170.
22. Jonson L. J., Toth J., Santiwatanakul S., Chen J. S. Cultures of “*Clostridium acetobutylicum*” from Various Collections Comprise *Clostridium acetobutylicum*, *Clostridium beijerinckii*, and two other Distinct Types Based on DNA-DNA Reassociation. *Int. J. of System. Bact*. 1997, 47 (2): 420—424.
23. Wilkinson S. R., Young M., Goodacre R., Morris J. G., Farrow J. A. E., Collins M. D. Phenotypic and genotypic differences between certain strains of *Clostridium acetobutylicum*. *FEMS Microbiology letters*. 1995, 125: 199—204.
24. Keis S., Shaheen R., Jones D. T. Emended descriptions of *Clostridium acetobutylicum* and *Clostridium beijerinckii*, and descriptions of *Clostridium saccharoperbutylacetonicum* sp. nov. and *Clostridium saccharobutylicum* sp. nov. international. *Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2001, 51: 2095-2103. DOI:10.1099/00207713-51-6-2095.

THEORETICAL BASIS FOR DETERMINING
THE QUALITY AS A SOCIO-ECONOMIC CATEGORY

O. Osadchuk, V. Maistrenko

National University of Food Technologies

Key words:

Quality
Quality of products
Requirements of
consumers
Enterprise
Theory of quality
management
Need
Product carelessness

Article history:

Received 10.07.2019
Received in revised form
26.07.2019
Accepted 15.08.2019

Corresponding author:

O. Osadchuk

E-mail:

ossadchuko@gmail.com

ABSTRACT

The concept of “quality” as a socio-economic category has become widely used since the times of various historical epochs. With the development of society and the emergence of the economy as an independent science, scientific research was intensified in the area of determining the most complete and the only correct approach to the interpretation of the content of the concept under study.

Widespread use of the category “quality” in various areas of social activity and considerable scientific interest in determining its essence contributed to the emergence of a large number of interpretations that fully disclose its meaning. In view of this, the discovery and research of the main ideological content of the concept of “quality” was carried out on the basis of defining its main aspects by generalizing the theoretical formulations presented by world-known philosophers, the founders of the theory of quality management, and domestic scholars. The main aspects of the category “quality”, defining its ideological content are: compliance with the requirements; satisfaction of consumer needs; efficiency of production processes; a set of properties that are necessary to meet explicit and foreseeable needs; degree of compliance; the relationship between costs and needs; safety for health and human life.

The study of the terminological nature of the category “quality”, from the standpoint of various scientific approaches, has allowed to distinguish its main features, which indicate the relevance of the study definition to the category of socio-economic concepts.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СУТНОСТІ ЯКОСТІ ЯК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ КАТЕГОРІЇ

О. П. Осадчук, В. М. Майстренко

Національний університет харчових технологій

Поняття «якість» як соціально-економічна категорія набуває широкого використання та вжитку ще з часів різних історичних епох. З розвитком суспільства та становленням економіки як самостійної науки активізувалися наукові пошуки й дослідження у сфері визначення найповнішого та єдино правильного підходу до тлумачення змісту досліджуваного поняття.

Широке застосування категорії «якість» у різних сферах суспільної діяльності та науковий інтерес до визначення її сутності сприяли появі значної кількості трактувань, що всебічно розкривають її зміст і значення. З огляду на це виявлення та дослідження головного ідейного змісту поняття «якість» здійснювалося на основі визначення основних аспектів шляхом узагальнення теоретичних формулювань, представлених всесвітньо відомими філософами, основоположниками теорії управління якістю та вітчизняними науковцями. Основними аспектами категорії «якість», що визначають її ідейний зміст, є: відповідність встановленим вимогам; задоволення споживчих потреб; ефективність виробничих процесів; сукупність властивостей, необхідних для задоволення явних і передбачуваних потреб; ступінь відповідності вимогам; співвідношення між витратами та потребами; безпечність для здоров'я та життя людини.

Дослідження термінологічної сутності категорії «якість» з позиції різних наукових підходів дало змогу виокремити основні її ознаки, які вказують на приналежність досліджуваної дефініції до розряду соціально-економічних понять.

Ключові слова: *якість, якість продукції, вимоги споживачів, підприємство, теорія управління якістю, потреба, безпечність продукції.*

Постановка проблеми. Поняття «якість» є складним та багатогранним, про що свідчить всебічне його використання в науці, технічному середовищі, законодавчій сфері, виробництві та побуті. Сутність якості визначається через призму особливостей певного роду суспільної діяльності, що з кожним витком історії породжує нові погляди на тлумачення цього терміна. Це спричинено тим, що з розвитком науково-технічного прогресу суспільство висуває все нові вимоги до якості.

Визначення терміну «якість» зазнало неабияких змін у часи історико-виробничого розвитку суспільства, в період еволюційного становлення економіки як науки та суб'єктивного впливу бачень науковців. Економічна література нараховує більш як 400 визначень, які всебічно розкривають зміст і значення якості [1, с. 5]. Серед розмаїття трактувань залишається відкритим питання формування сучасного загального визначення з метою забезпечення можливості подальшого оперування цією категорією в операційній діяльності

підприємства. Тому одним із важливих завдань є вивчення динаміки підходів до еволюційного розвитку якості як економічної категорії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливим є питання розроблення загального визначення сутності якості для забезпечення можливості подальшого управління якістю в операційній діяльності підприємства.

Протягом багатьох століть чимало дослідників намагалися дати визначення якості, але особливу увагу вивченню та дослідженню теоретичних основ якості приділили: О. В. Арістов, І. А. Будищева, А. В. Вакуленко, В. Г. Герасимова, Е. Демінг, Дж. Джуран, К. Ісікава, В. М. Золоткін, С. М. Кирюхін, Ф. Кросбі, М. Г. Круглова, О. І. Момот, О. В. Олійник, В. М. Приходько, Ю. В. Савицький, В. Н. Спіцнадель, Г. Тагуті, І. О. Тарасенко, А. Фейгенбаум, М. І. Шаповал, Г. М. Шишкова, В. Шухарт та інші. У працях цих вчених ґрунтовно розглянуто підходи до визначення якості, методи оцінки рівня якості продукції, організаційні аспекти та системи управління якістю. Але єдиної думки щодо формування поняття якості серед авторів немає.

Мета статті: дослідити економічну сутність категорії «якість» шляхом узагальнення різних наукових підходів до трактування досліджуваного поняття, виокремити ключові аспекти цієї категорії, які в сучасних умовах господарювання формують її соціально-економічний зміст.

Викладення основних результатів дослідження. Перші згадки про якість датуються періодом до нашої ери та належать всесвітньо відомим давньогрецьким філософам. Найбільш поширеним у сучасній економічній літературі є бачення Арістотеля: «...віднесена до сутності видова відмінність і є якістю» [2, с. 165]. Давньогрецький філософ розглядав якість як універсальну властивість, що відображає сутність речей і проявляється в «...більшій чи меншій мірі...» [1, с. 6]. Він вказував на мінливість якості, на її характеристику: «...легко піддаватися коливанням та швидко змінюватися...» [3, с. 73], перетворюючись у свою протилежність (тепло–холод, хвороба–здоров'я, шкідливе–корисне тощо).

Із розвитком філософії Нового часу та зародженням механістичного світосприйняття на основі поглядів Р. Бойля та Дж. Локка сформувався поділ на так звані первинні і вторинні якості залежно від міри їх об'єктивності: при цьому первинними визнавалися об'єктивно притаманні речам властивості, а вторинними — суб'єктивні відчуття, що залежать від первинних і реалізуються за наявності низки умов (наприклад, для сприйняття кольору певного предмета необхідні сам предмет із первинними якістьми, достатня освітленість приміщення і нормальне функціонування зорового апарату людини) [1, с. 7; 25].

Особлива увага та спроби визначення сутності «якості» виокремлювали її з-поміж інших категорій буття та передували появі чисельних формулювань і підходів до її розуміння. У таблиці наведені трактування всесвітньо відомих

філософів, які можна віднести до раннього періоду розвитку поняття «якості», оскільки вони стали основним підґрунтям подальшого розвитку цієї категорії.

Таблиця. Еволюція сутності поняття «якість» у філософському розумінні

Автор	Визначення	Головний аспект
Арістотель (3 ст. до н.е.) [3, с. 73]	Відмінність між предметами. Диференціація за ознакою «хороший–поганий»	Відмінність за ознаками «хороший–поганий»
Платон (5 ст. до н.е.) [4, с. 68]	Якість — це сукупність певних властивостей, що відрізняють певний предмет від інших предметів того ж виду	Якість як відмінність
Локк (17 ст.) [4, с. 68]	Якість визначається основними властивостями, що об'єктивно притаманні предметам	Якість як властивість предмета
Гегель (19 ст.) [5, с. 215]	Якість взагалі тотожна з буттям, безпосередня певність... Щось є завдяки своїй якості тим, чим воно є, і, втрачаючи свою якість, воно перестає бути тим, чим воно є...	Якість як сутність об'єкта
Ф. Енгельс (1844 р.) [1, с. 7]	...існує не якість, а тільки речі, що володіють якісними характеристиками, причому великою кількістю якісних характеристик.	Якість як сукупність характеристик об'єкта
Китайська версія [4, с. 68]	Ієрогліф, що означає термін якість, складається із двох елементів — «рівновага» та «гроші», отже, якість тотожна поняттям «висококласний», «дорогий»	Баланс між вартістю та ступенем досконалості

Розглядаючи трактування поняття «якість» у філософському сенсі, можна виокремити декілька підходів до його тлумачення. Так, спочатку якість розглядалась як категорія, яка, охоплюючи сукупність властивостей одного предмета, відрізняла його від іншого; далі «якість» сприймалася як міра відмінності одного предмета від іншого, вказуючи при цьому на ступінь його якості (хороший, поганий...), що проявлявся в процесі порівняння декількох предметів.

У працях німецького філософа Гегеля категорія «якість» розглядається як логічна категорія, яка розкриває безпосередню сутність об'єкта, що є початковим етапом пізнання речей і становлення світу. При цьому якість визначалася не стосовно певної однієї чи окремої властивості об'єкта, а розкривалась через їхню сукупність.

У сучасного американського філософа та літератора Роберта Персінга інша думка. У своїй книзі «Дзен і мистецтво догляду за мотоциклом» він наводить таке визначення: «Якість — це характеристика думки і твердження, що сприймається підсвідомістю. Оскільки визначення є продуктом жорсткого формального мислення, якість визначити не можна» [6]. У розумінні Персінга якість є відношенням людини, що формується на підсвідомому рівні пізнання певного явища або предмета, та сприймається як першооснова матеріального та нематеріального світу, з чого випливає, що це поняття не має чіткого визначення (як, наприклад, «точка»).

Із розвитком філософії як науки погляди більшості науковців були зосереджені на дослідженні тлумачення поняття «якість», пошуку всезагального визначення категорії, що повністю відображало її сутність і розкривало зміст. Проаналізувавши основні праці видатних філософів, можна визначити, що сутність цієї категорії розкривалась через визначеність і сукупність всіх істотних ознак предмета, які надають йому відносної стабільності та відрізняють від інших предметів.

Із вступом суспільства в епоху всепоглинаючої індустріалізації наукові пошуки у сфері якості активізувалися. Велика увага до визначення сутності цієї категорії та її аспектів приділялася відомими менеджерами та спеціалістами тих часів, які в подальшому стали основоположниками теорії управління якістю. Дослідженнями поняття якості займалися В. Шухарт, Е. Демінг, Дж. Джуран, К. Ісікава, Ф. Кросбі, Г. Тагуті. Аналізуючи їхні праці та висловлювання про якість, інколи досить непросто виокремити та сформулювати особисте трактування категорії «якість».

Е. Демінг розглядав «якість» як сукупність характеристик продукції, що здатні задовольнити потреби споживачів, але при цьому вказував на важливість визначення властивостей і характеристик, які є цінними для кінцевого споживача. Це завдання не з легких, оскільки споживач, купуючи продукцію, купує ті її властивості, що задовольняють його бажання повністю та представлені такою ціною, яка є прийнятною. Складність такої ситуації визначається й тим, що підприємства функціонують у сфері жорсткої конкурентної боротьби, за якої виробник може займати передові позиції на ринку, застосовуючи нові, покращені матеріали, використовуючи новітні ресурсозберігаючі технології, які дають можливість пропонувати аналогічну продукцію за зниженими цінами.

Інший американський вчений Дж. Джуран, як і Е. Демінг, розкривав зміст якості через необхідність задоволення потреб та вимог споживачів. Дослідник зазначав, що якість має декілька значень. З одного боку, це поняття характеризується тими властивостями продукції, які саме задовольняють потреби споживачів і таким чином забезпечують задоволення певною продукцією, а з іншого — виключають відсутність невідповідностей. Дж. Джуран писав, що було б зручно мати одне всеохоплююче визначення, але запропоновані в той час трактування не відзначалися необхідною універсальністю.

Термінологічні складнощі у визначенні поняття якості пояснюються еволюцією поглядів вчених і різними підходами до тлумачення цієї категорії. Існування величезної кількості нових і класичних підходів до трактування якості продукції свідчить про те, що їх різноманіття є, з одного боку, показником виключної складності проблем якості, а з іншого — результатом безперервного пошуку найкращих рішень.

Висновки

Категорія «якість» є складною та багатогранною, зміст та значення якої змінюється й уточнюється протягом тривалого історичного періоду під впливом сукупності факторів соціально-економічних змін. У сучасних еконо-

мічних джерелах представлено понад 400 визначень та авторських поглядів всесвітньо відомих постатей, багатьох науковців і дослідників різних історичних епох на трактування сутності досліджуваного поняття. Найвність значної кількості визначень поняття «якість» сприяла пошуку та виявленню головних аспектів, що в сучасних умовах розвитку формують її соціально-економічний зміст. Задля цього досліджено та проаналізовано основні визначення категорії «якість», що представлені всесвітньо відомими філософами, основоположниками теорії управління якістю, вітчизняними науковцями та прописані у нормативно-правових документах. Узагальнення різних наукових поглядів дало змогу виявити основні ключові аспекти категорії «якість», а саме: відповідність установленим вимогам; задоволення споживчих потреб; ефективність виробничих процесів; сукупність властивостей, що необхідні для задоволення явних і передбачуваних потреб; ступінь відповідності вимогам; співвідношення між витратами та потребами; безпечність для здоров'я та життя людини; відповідність вимогам нормативно-правових документів.

Література

1. Момот А. И. Экономический механизм управления качеством. Донецкий национальный технический университет. Донецк : Норд-Пресс, 2005. 384 с.
2. Аристотель. Метафизика. Сочинения: в 4-х т. М.: «Мысль», 1975. Т. 1. Кн. 5. Гл. 14 1020а. С. 165.
3. Аристотель. Категории. Сочинения: в 4-х т. М.: «Мысль», 1978. Т. 2. Гл. 8. 8б—9а. С. 73.
4. Береговая И. Б. Управление качеством : практикум. Оренбург: ОГИМ, 2009. 94 с.
5. Гегель Г. В. Ф. Энциклопедия философских наук, Т. 1. Наука логики. М.: «Мысль», 1974. 452 с.
6. Пирсинг Р. Дзен или искусство ухода за мотоциклом URL: http://petrosian.ru/2004/03/rpirsig_dzen_ili_iskusstvo_uhoda_za_mototsiklom/.
7. Харрингтон Дж. Х. Управление качеством в американских корпорациях : сокр. пер. с англ. авт. вступ. ст. и науч. ред. Л. А. Конарева. М.: Экономика, 1990. 272 с.
8. Лойко Д. П., Вотченікова О. В., Удовіченко О. П., Котляр М. А. Управління якістю: навч. посіб. Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. 230 с.
9. Управління якістю переробних і харчових виробництв / Богомолов О. В., Сафонова О. М., Шаповаленко О. І. та ін. Харків: Еспада, 2006. 296 с.
10. Квитко А. В. Управление качеством: учебное пособие. М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2004. 100 с.

TAX POLICY IN UKRAINE AND ITS INFLUENCE
ON SOCIO-ECONOMIC GROWTH

O. Sotnichenko

National University of Food Technologies

Key words:

Taxes

Tax policy

Investments

Income

Tax burden

Socio-economic growth

Article history:

Received 08.07.2019

Received in revised form
30.07.2019

Accepted 14.08.2019

Corresponding author:

O. Sotnichenko

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Evolution of taxation shows that taxes can be not only a type of budget revenues, but also a tool to regulate socio-economic growth. The use of taxes to achieve the goals take place within the framework of the state tax policy. The paper provides an analysis of theoretical background and the current state of tax policy, its impact on socio-economic development in Ukraine and the formation of proposals for improving the domestic tax policy. The object of the research is the conceptual theoretical and practical principles of implementation of tax policy and the impact of tax policy in social and economic development in Ukraine.

The fiscal and socio-economic efficiency of tax policy has also been determined, and its impact on social and economic development in Ukraine has been assessed, proposals for improving tax policy in Ukraine in the direction of ensuring social and economic growth have been argued.

Based on the research, the following conclusions were made: firstly, in case of stable conditions in Ukraine there is a deterministic reverse link between tax burden and economic development; secondly, there are practical opportunities to strengthen the positive regulatory impact of taxation on the economic situation by reducing the level of taxation; thirdly, it is very difficult to objectively assess the relationship between changes in tax burden and individual indicators of the social sphere, and this issue requires further and more detailed research. The scientific positions, conclusions and proposals that give an opportunity to increase efficiency of using tax tools to increase social and economic development, are argued.

ПОДАТКОВА ПОЛІТИКА В УКРАЇНІ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНЕ ЗРОСТАННЯ

О. А. Сотніченко

Національний університету харчових технологій

Еволюція оподаткування свідчить, що податки можуть бути не лише джерелом наповнення бюджетів, але й засобом регулювання соціально-економічного зростання. Використання податків з метою досягнення поставлених цілей відбувається в рамках податкової політики держави. У статті проаналізовано теоретичні засади і сучасний стан податкової політики та її вплив на соціально-економічний розвиток в Україні і формування пропозицій щодо удосконалення вітчизняної податкової політики. Досліджено концептуальні теоретичні та практичні засади реалізації податкової політики та вплив податкової політики на соціально-економічний розвиток в Україні.

Визначено фіскальну та соціально-економічну ефективність податкової політики та оцінено її вплив на соціально-економічний розвиток в Україні, надано пропозиції щодо удосконалення податкової політики в Україні у напрямі забезпечення соціально-економічного зростання.

На основі проведеного дослідження зроблено такі висновки: по-перше, за стабільних умов в Україні спостерігається детермінований зворотний зв'язок між податковим навантаженням та економічним розвитком. По-друге, існують практичні можливості посилення позитивного регулюючого впливу оподаткування на економічне становище шляхом зниження рівня оподаткування. По-третє, об'єктивно оцінити взаємозв'язок змін у податковому навантаженні та окремих показниках соціальної сфери дуже складно, і це питання потребує подальших і детальніших досліджень. Обґрунтовано наукові положення, висновки і пропозиції, які у своїй сукупності надають можливість підвищити ефективність використання податкового інструментарію для покращення соціально-економічного розвитку.

Ключові слова: податки, податкова політика, інвестиції, дохід, податкове навантаження, соціально-економічне зростання.

Постановка проблеми. Еволюція оподаткування свідчить, що податки можуть бути не лише джерелом наповнення бюджетів, але й засобом регулювання соціально-економічного зростання. Використання податків з метою досягнення поставлених цілей відбувається в рамках податкової політики держави. Частина вартості ВВП, що одержавлюється через оподаткування, набуває внаслідок цього не лише суто фіскального, а й більшою мірою соціально-економічного значення.

Вплив податкової політики на соціально-економічне зростання — надзвичайно актуальне, важливе і проблематичне питання в галузі державних фінансів на сучасному етапі економічного розвитку в Україні.

Аналіз останніх публікацій і досліджень. Наукове підґрунтя реалізації податкової політики закладено відомими вітчизняними та зарубіжними вченими-економістами. Серед зарубіжних вчених варто відзначити праці А. Вагнера, К. Вікселя, Дж. М. Кейнса, А. Лаффера. До вітчизняних науковців, які займаються проблемами податкової політики, слід віднести В. Андрущенко, З. Варналія, О. Василика, В. Вишневського, В. Гейця, Т. Єфименко, Ю. Іванова, А. Крисоватого, П. Мельника, А. Соколовську, В. Федосова, Л. Шаблисту.

Відаючи належне високому науковому рівню результатів досліджень зарубіжних та вітчизняних учених, що сформували вагому теоретико-методологічну базу податкової політики, варто зауважити, що їхні досягнення залишаються майже невикористаними у практичній діяльності.

Мета дослідження: удосконалення теоретико-методичних засад і формування практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності податкової політики та аналіз її впливу на соціально-економічний розвиток в Україні і формування на цій основі пропозицій щодо удосконалення вітчизняної податкової політики.

Методологія дослідження. При дослідженні використано структурно-логічний, економіко-статистичний, методи порівняльного аналізу, графічний метод, методи абстракції, дедукції, індукції.

Викладення основних результатів дослідження. Податкова політика сприяє формуванню податкової системи країни, а її реалізація відбувається через податковий механізм. Податкова політика — діяльність держави, виражена в комплексі заходів, здійснюваних уповноваженими на те органами державної влади і державного управління у сфері функціонування податків і зборів як фіскальних інструментів та регулюючих важелів.

О. Д. Василик визначає податкову політику як «державну політику оподаткування юридичних та фізичних осіб. Її метою є формування державного бюджету за одночасного стимулювання ділової активності підприємців. Реалізація здійснюється через систему податків, податкових ставок і податкових пільг» [4, с. 24]. Це визначення можна вважати таким, що не в повній мірі розкриває сутність податкової політики, адже податки надходять і до місцевих бюджетів, тож їм притаманні ознаки розподільчо-регулюючого характеру, а не тільки стимулюючого.

Дещо схожими є визначення О. Д. Данілова, Н. П. Флісак та Г. Ю. Ісаншиної. Так, О. Д. Данілов і Н. П. Флісак трактують податкову політику «як систему заходів, які проводяться урядом країни з вирішення певних короткострокових та довгострокових завдань, які стоять перед суспільством, за допомогою системи оподаткування країни» [5, с. 46]. Г. Ю. Ісаншина пропонує таке визначення: «Податкова політика — це система дій, які проводяться державою в галузі податків та оподаткування. Податкова політика знаходить своє відображення у видах податків, розмірах податкових ставок, визначенні платників і об'єктів оподаткування, у податкових пільгах. Податкова політика є складовою частиною загальної фінансової політики держави на середньострокову та довг-

острокову перспективу» [11, с. 6]. Особливістю таких визначень є те, що автори трактують податкову політику через механізм її реалізації і зовсім ігнорують про правове регламентування та організацію самого процесу оподаткування.

Досить цікавими і такими, що заслуговують на увагу, є дослідження сутності відносин між державою і платниками податків А. М. Соколовської, яка характеризує податкову політику в двох аспектах — з позиції форми вилучення державою частини доходів юридичних і фізичних осіб і з позицій функціонального призначення вилучених доходів: «... оскільки лише напрямки їх кінцевого використання дозволяють зробити остаточний висновок щодо дійсного суспільного змісту податкових відносин» [22, с. 372].

На перший погляд, соціальний характер податкової політики проявляється через механізм її реалізації. Але, на нашу думку, вже у самій сутності податкової політики закладено соціальні ознаки причинно-наслідкових зв'язків. Розподільчо-регулююча функція податку як фінансово-економічної категорії забезпечує регулювання вартісних пропорцій розподілу та перерозподілу частини валового внутрішнього продукту. З одного боку, через наявність власне податкової політики добробут конкретних платників погіршується (сплата податку завжди скорочує реальні доходи суб'єктів держави). Але, з іншого боку, наперед вже відомо, що податкові надходження — це джерело фінансування суспільних благ, величина яких суттєво покращує добробут громадян.

Уже в самому змісті податкової політики закладено ознаки перерозподільного характеру, а тому вона ніколи не може бути одночасно соціально-справедливою стосовно всіх верств населення. Не механізм реалізації податкової політики проявляє соціальні ознаки даної дефініції, а сама природа податкової політики передбачає перерозподіл добробуту між усіма індивідами суспільства з одночасним переміщенням частини доходів від одних до інших. А тому можна констатувати той факт, що вже у внутрішній сутності дефініції податкової політики криються ознаки суспільно-соціального характеру. В цьому якраз і полягає соціально-економічна сутність податкової політики. Але соціально-економічна природа податкової політики, крім визначення сутності та дослідження причинно-наслідкових зв'язків суспільного поняття, передбачає певні цілі, методи та інструменти податкової політики.

Слід зауважити, що одним з найважливіших показників соціально-економічного зростання країни є збільшення загального обсягу ВВП в цілому і в розрахунку на душу населення протягом певного часу (як правило, за рік) у грошових і відносних показниках.

ВВП характеризує кінцевий результат виробничої діяльності суб'єктів економічної діяльності у сфері матеріального та нематеріального виробництва. Валовий внутрішній продукт (ВВП) — це ринкова вартість усіх кінцевих товарів і послуг (тобто призначених для безпосереднього вживання), що вироблені за рік у всіх галузях економіки на території країни для споживання, експорту та накопичення, незалежно від національної приналежності використаних факторів виробництва. На рис. 1 наведена динаміка загального обсягу ВВП України, а на рис. 2 — динаміка ВВП України на душу населення за 2010—2018 рр.

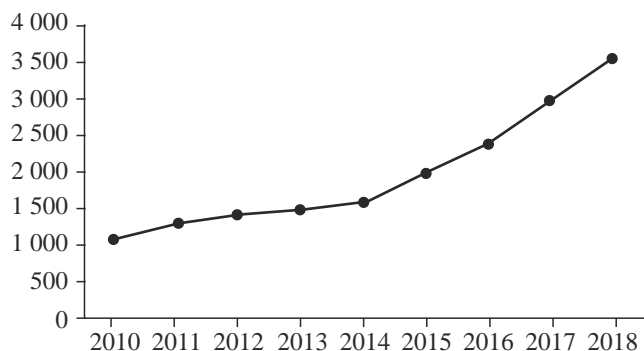


Рис. 1. Динаміка ВВП України (млрд грн), побудовано автором за [23]

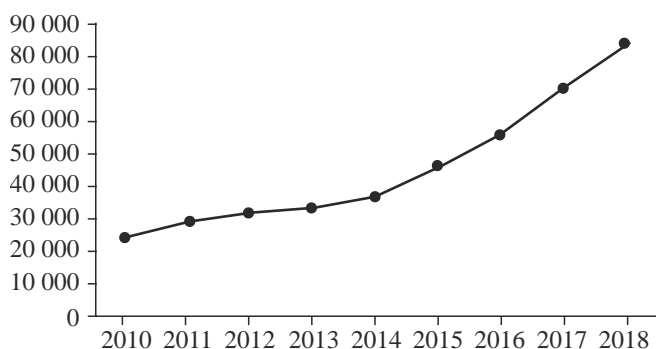


Рис. 2. Динаміка ВВП України із розрахунку на душу населення (грн), побудовано автором за [23]

Тенденція збільшення як загального обсягу ВВП, так і його обсягу на душу населення мала місце, але, на жаль, статистика відображає номінальні величини. Тому, на нашу думку, зарано стверджувати, що за цей період в Україні відбувалося соціально-економічне зростання. Хоча тут треба зауважити, що темп зростання обсягу ВВП на душу населення випереджає темп зростання загального обсягу ВВП через випереджальне скорочення населення України. Отже, необхідно також засвідчити той факт, що номінальні економічні показники зростання поки превалюють над соціальними.

Детальніше проаналізуємо економічні та соціальні показники, які характеризують відповідне зростання. На рис. 3 представлена динаміка обсягів реалізованої продукції промисловості, сільського господарства та будівництва.

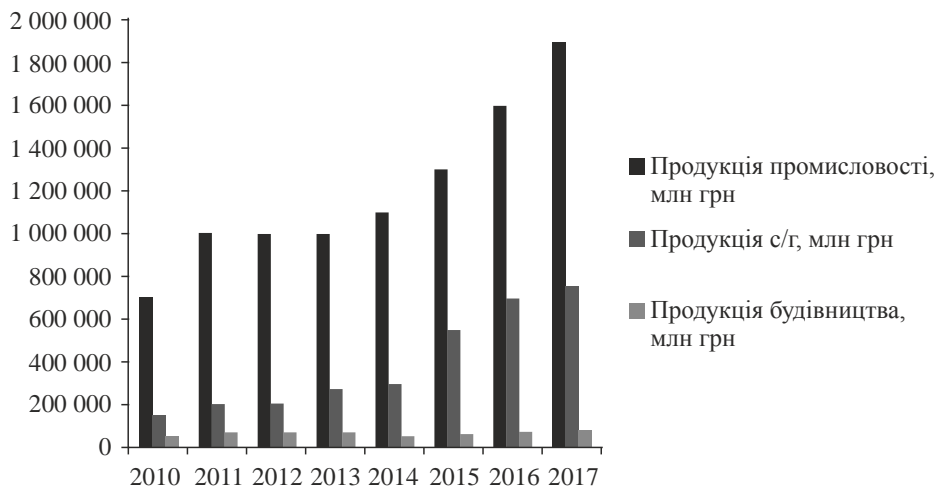


Рис. 3. Динаміка обсягів реалізованої продукції промисловості, сільського господарства та будівництва, побудовано автором за [17]

Як бачимо, динаміка обсягів реалізованої продукції має певну позитивну тенденцію в обсягах виробництва. Україна прагне розширити свої географічні кордони ринку збуту і має для цього можливості. Насамперед необхідно переорієнтуватися на збут готової продукції, а не сировини. Головною проблемою залишається нестабільна економічна та політична ситуація у країні, що спричиняє несприятливий клімат для іноземних інвесторів. На тлі цього економіка України стала надто вразливою, скоротилися попит, пропозиція і, як наслідок, — обсяги виробництва. Для відновлення функціонування експортної діяльності необхідно вжити відповідних заходів. Зокрема, застаріле обладнання змінити новим для швидкої обробки сировини і, відповідно, збільшити обсяг поставки; експортувати продукцію, що відповідає європейським стандартам; збільшити інвестиції з боку держави у виробництво та проаналізувати іноземні ринки для експортування необхідної продукції відповідній країні

Проаналізуємо загальний стан внутрішньої торгівлі. На рис. 4 і 5 наведена динаміка внутрішнього роздрібного товарообороту та індексу споживчих цін.

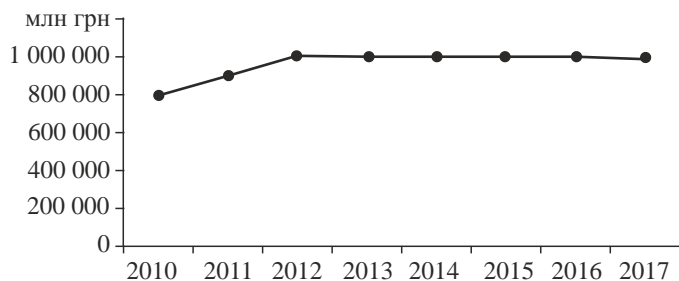


Рис. 4. Динаміка внутрішнього товарообороту України та індексу споживчих цін, побудовано автором за [17]

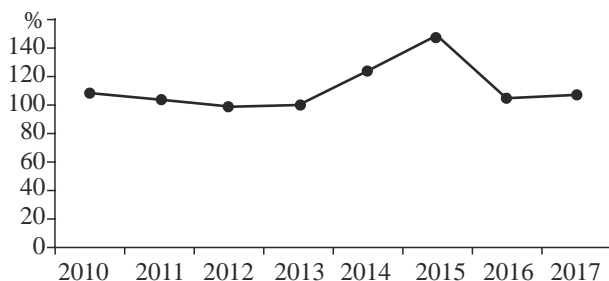


Рис. 5. Динаміка внутрішнього товарообороту України та індексу споживчих цін, побудовано автором за [17]

Досить прикро константувати те, що протягом 2010—2017 років індекс споживчих цін мав майже сталу тенденцію, тобто немає значних коливань, навпаки, показник відносно стабільний. Але якщо проаналізувати оборот роздрібною торгівлі, то порівняно з 2015 та 2016 роками помітно незначне його падіння. Причини: інфляційні процеси в країні, зниження реальних доходів населення, а звідси, як наслідок, падіння купівельної спроможності.

Далі проаналізуємо стан зовнішньої торгівлі в Україні (рис. 6).

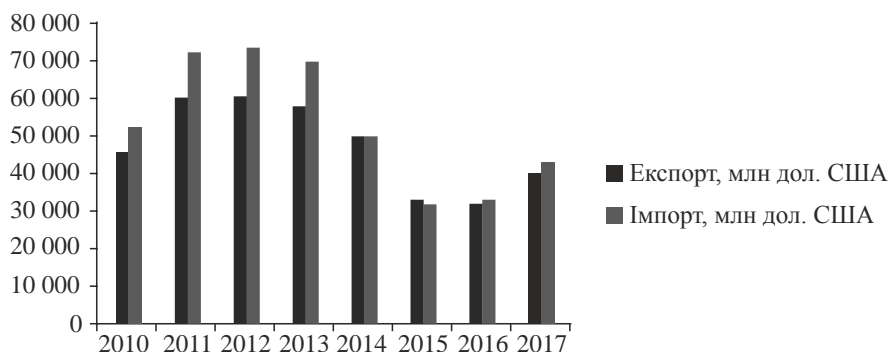


Рис. 6. Динаміка показників зовнішньої торгівлі України, побудовано автором за [17]

Аналіз обсягу операцій зовнішньої торгівлі дає змогу виявити тенденції щодо поступового скорочення обсягів загального експорту та імпорту з 2013 року до надзвичайно стрімкого зростання темпів падіння у 2015—2016 рр. та незначним підвищенням у 2017 році. Причини такого суттєвого зменшення імпорту — зниження купівельної спроможності населення України, скорочення потреби у високотехнологічному імпорті, девальваційні процеси, посилення протекціоністських заходів, загострення військових конфліктів на промислових територіях. Серед причин скорочення експорту слід назвати зниження світових цін на сировинні товари, несприятливу кон'юнктуру світового ринку, зміну пріоритетів щодо партнерства у зовнішній торгівлі, скорочення обсягів співпраці з історично пріоритетними імпортерами, посилення вимог зовнішніх ринків щодо якості вітчизняної продукції, посилення валютного контролю за імпортними операціями [21].

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ І МАРКЕТИНГ

Зростання загальних обсягів ВВП значною мірою зумовлюється фінансовими результатами діяльності суб'єктів господарювання. Фінансові результати до оподаткування, одержані суб'єктами господарювання за видами економічної діяльності, представлені у табл. 1.

Таблиця 1. Фінансові результати до оподаткування суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності, млн грн, побудовано автором за [24]

ВЕДи	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.
Усього ¹	54405,7	118605,6	75670,2	11335,7	-564376,8	-348471,7	69887,8	236952,1
сільське, лісове та рибне господарство	17291,8	25565,9	26992,7	15147,3	21677,4	103137,6	91109,5	69344,1
промисловість	31221,1	58662,3	21353,4	13698,3	-166414	-181361	-7569,6	87461,7
будівництво	-4418,2	-3845,8	-71,1	-5126,6	-27288,4	-25074,1	-9342,9	-3535,8
оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів	14883,5	21591,5	9608	-6047,5	-128134,8	-80564,3	7277	39296,3
транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	5058,9	8741,4	7524,9	834,3	-19703,9	-13921,8	12819,7	-16532,6
тимчасове розміщування й організація харчування	-548,1	-571,6	-862,5	-1270,5	-6579	-7094,4	-1947,6	-1976,8
інформація та телекомунікації	4101,4	4440,7	6300,1	6817,6	-15373,9	-10166,6	4197,9	15195,3
фінансова та страхова діяльність	11698,7	8818,8	11769,8	6093,7	-4829,2	-8516,4	431	18280,2
операції з нерухомим майном	-6537,7	-12060,8	-8539,5	-9571,4	-105597,6	-63470,1	-42950	-15430,7
професійна, наукова та технічна діяльність	-15110,3	11167,8	-165,5	-6823,8	-98958,1	-47964,1	21079,8	45611,6
діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	-1578,5	-2213,2	3889,4	-1224,8	-9219,4	-9425,1	-4347,7	-2967,3
Освіта	88,3	100,9	136,8	140,2	82,6	105,3	102,8	121,5
охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	9,8	-119,8	30,5	-31,9	-1111	-961,1	311,7	320,4
мистецтво, спорт, розваги та відпочинок	-1784,6	-1706,2	-2280,4	-1280,4	-2911,4	-3489,2	-1512,8	-2198,1
надання інших видів послуг	29,6	33,7	-16,4	-18,8	-16,1	293,5	229,2	8,7

Прибуток є основною формою грошових накопичень суб'єктів господарювання. Ситуація, що склалася у зв'язку із світовою фінансово-економічною

кризою, погіршила стан підприємств України. Фінансові результати суб'єктів господарювання всіх видів економічної діяльності у 2014—2015 рр. значно погіршилися. Це зумовлено як кризовими явищами, що мали місце у світовій економіці, так і впливом макроекономічних чинників, що формуються на державному рівні. Тому можемо констатувати, що донині значна частина підприємств в Україні працює збитково. Позитивна динаміка спостерігається, проте стосується далеко не всіх видів економічної діяльності. Маємо констатувати також постійно збиткові галузі [27].

Найбільш значні негативні зміни у фінансових результатах відбулися у господарюючих суб'єктів у сфері діяльності готелів і ресторанів, охороні здоров'я та надання соціальної допомоги, діяльності у сфері культури та спорту, будівництві, операцій з нерухомим майном, оренди, інжинірингу та надання послуг підприємцям, надання комунальних та індивідуальних послуг. Три останні галузі збиткові з кризового 2008 року і дотепер. Проте діяльність готелів і ресторанів у цілому стала збитковою ще з 2006 року, а охорона здоров'я та надання соціальної допомоги — з 2007 року і донині. Суттєве зменшення власних інвестиційних ресурсів призвели до скорочення інвестицій у виробничо-технічну базу підприємств і, як наслідок, старіння основних фондів та їх вибуття через непридатність до використання.

Таблиця 2. Прямі іноземні інвестиції в Україні з 2002 по 2017 роки (сумарно по роках, млн дол. США), побудовано автором за [23]

Роки	ПП в Україні	Відхилення +/-	ПП із України	Відхилення +/-	Сальдо	Збільшення/зменшення %
2002	693	—	-5	—	+698	693
2003	1424	+731	13	+18	+1411	+102,1%
2004	1715	+291	4	-9	+1711	+21,3%
2005	7808	+6093	275	+271	+7533	+340,3%
2006	5604	-2204	-133	-408	+5737	-23,8%
2007	9891	+4287	673	+806	+9218	+60,7%
2008	10913	+1022	1010	+337	+9903	+7,4%
2009	4816	-6097	162	-848	+4654	-53,0%
2010	6495	+1679	736	+574	+5759	+23,7%
2011	7207	+712	192	-544	+7015	+21,8%
2012	8401	+1194	1206	+1014	+7195	+2,6%
2013	4499	-3902	420	-786	+4079	-43,3%
2014	410	-4089	111	-309	+299	-92,7%
2015	2961	+2551	-51	-162	+3012	+907,4%
2016	3284	+323	16	+67	+3268	+8,5%
2017	1848	-1436	8	-8	+1848	-43,7%

Аналіз підтверджує збільшення прогнозованості бізнес-середовища України для потенційного інвестора. Простежується пристосування суб'єктів господарювання до ситуації в країні та поживлення їхньої активності. Ключовими позитивними заходами державної політики в Україні за версією бізнесу є такі: лібералізація валютного ринку, відкритість державних даних/реєстрів, поступова дерегуляція, помітний розвиток електронних сервісів

(зокрема електронна система відшкодування ПДВ), спрощення процедури отримання дозвільних документів на будівництво), поступова адаптація до стандартів ЄС [11]. В той же час основними проблемами визначено корупцію, повільні темпи проведення реформ в Україні, питання судової та земельної реформи, повільний процес децентралізації [3].

Тут треба зауважити, що зниження активності інвестиційної діяльності пов'язане не тільки з наслідками світової фінансово-економічної кризи, а також із погіршенням інвестиційного клімату в Україні, зокрема з відсутністю сприятливих умов для ведення бізнесу, неефективним оподаткуванням, низькою захищеністю прав іноземних інвесторів в Україні. З цих причин недостатніми з погляду активізації інноваційно-інвестиційних процесів лишаються обсяги припливу прямих іноземних інвестицій в Україну (рис. 7).

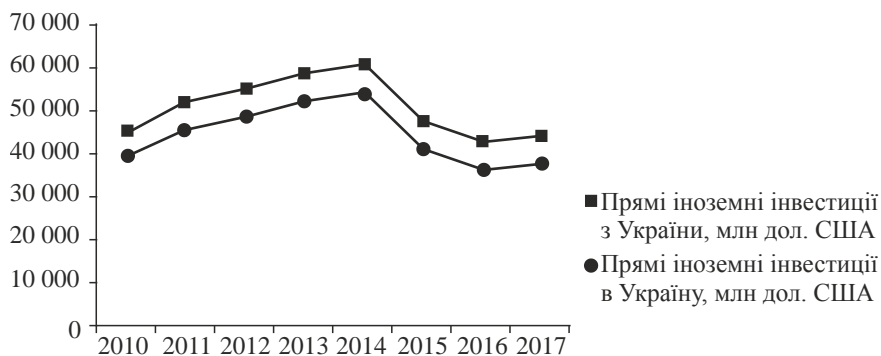


Рис. 7. Динаміка прямих іноземних інвестицій в Україну та з України, млн дол. США, побудовано автором за [10]

Більша частка прямих іноземних інвестицій надходили в Україну з країн зі статусом офшорних територій (Кіпр), що більше свідчить про виведення прибутку за межі України, ніж про реальне інвестування в економіку країни. З України більше 90% прямих іноземних інвестицій також надходило до Кіпру. Тому питання про ефективність прямих іноземних інвестицій для України залишається риторичним.

Відповідні зміни в економіці впливають і на рівень життя населення та демографічну ситуацію в країні. Наслідком негативних тенденцій в економіці та погіршення рівня життя є скорочення чисельності населення країни: за часів незалежності населення України зменшилося майже на 7 млн, за 2010—2017 рр. на ще майже на 3,5 мільйона. Якщо врахувати населення, яке виїхало за межі України на заробітки, то Україні сьогодні проживає лише 32 млн. Динаміку чисельності населення України за останні роки подано на рис. 8.

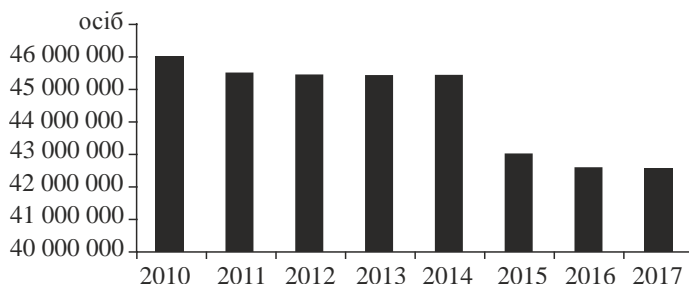


Рис. 8. Динаміка чисельності населення України станом на 1 січня, побудовано автором за [6]

Важливим показником соціально-економічного зростання є показники ринку праці України. Внаслідок негативного впливу економічних процесів, погіршення рівня життя населення, скорочення тривалості життя, зростання рівня захворюваності в Україні відбулось зниження частки економічно зайнятого населення працездатного віку, зростання рівня безробіття (рис. 9).

Протягом 2010—2013 рр. спостерігалось незначне скорочення економічно зайнятого населення. Проте слід зауважити, що економічна зайнятість складає близько 70% від усього населення працездатного віку. Хоча рівень безробіття, розрахований за методологією МОП, у середньому за аналізований період складав приблизно 8,3%. Поступове зниження рівня безробіття населення протягом 2010—2013 рр. змінилось його різким зростанням наприкінці 2014 року та у 2015—2017 роках. Пов'язано це із значним падінням економіки України, зменшенням товарообороту, закриттям великої кількості підприємств.

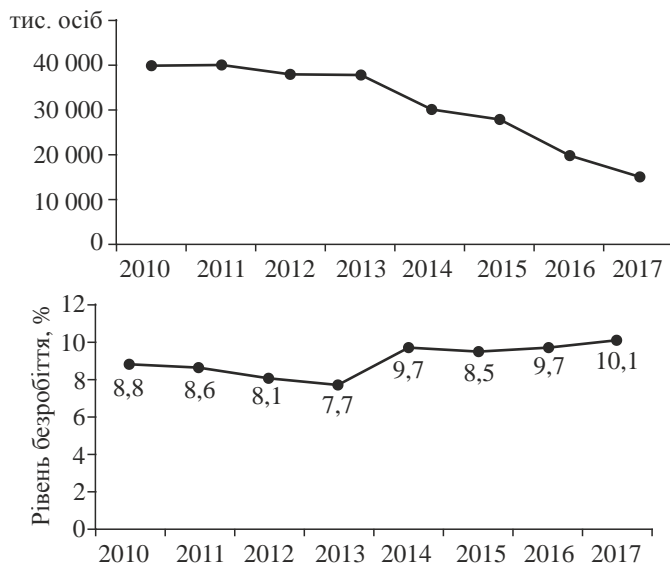


Рис. 9. Стан зайнятості населення в Україні, побудовано автором за [17]

Однією із складових, що визначають соціально-економічне зростання, є доходи населення. На рис. 10 наведено динаміку та склад доходів населення.

Як видно, основними складовими, що формують доходи населення України, є заробітна плата, соціальні допомоги та інші одержані поточні трансферти. Значно нижчий розмір мають такі складові, як доходи від власності та прибуток і змішаний дохід. Вони зростають повільніше, ніж заробітна плата та соціальні допомоги. Це свідчить про відсутність сприятливих умов для розвитку особистої підприємницької діяльності, низьку активність населення щодо інвестування в економіку та тінізацію доходів, одержаних від власності. Це підтверджується і тим, що кризові явища значно вплинули на зростання доходів населення у 2013—2017 рр. А тому зростання доходів, яке ми спостерігаємо з 2015 року, фактично є номінальним, а не реальним внаслідок значного рівня інфляції 2013—2014 рр. [25].

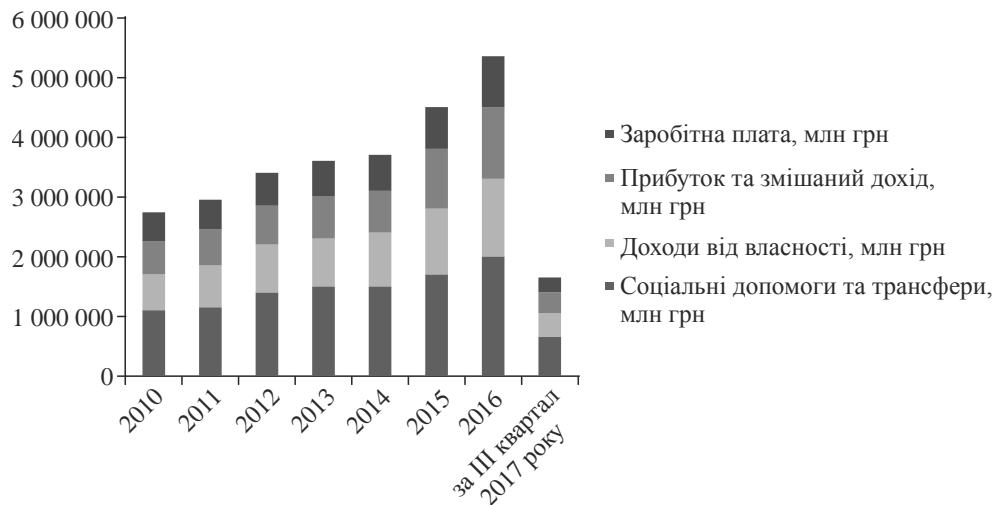


Рис. 10. Динаміка та склад доходів населення, побудовано автором за [8]

Спробуємо оцінити вплив податкової політики на соціально-економічне зростання в Україні. Варто погодитися з думкою фахівців, що такий вплив проявляється опосередковано, через різноманітні явища економічного та соціального життя і визначається на практиці емпіричним шляхом при аналізі кількісних показників соціально-економічного зростання. В цьому контексті становитиме інтерес аналіз відповідності у змінах показників, які характеризують загальний рівень оподаткування та соціально-економічне становище у державі (табл. 3), який допоможе оцінити окремі аспекти регулюючого впливу оподаткування.

Таблиця 3. Індекси частки податкових надходжень у ВВП та основних соціально-економічних показників (у відсотках до попереднього року), побудовано автором за [23]

Показники	Роки							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Податкові надходження до ВВП	93,9	118,7	94,9	94,0	96,2	114,0	106,9	124,6
ВВП	104,2	105,2	107,0	104,3	108,3	125,3	120,0	110,9
ВВП на душу населення	96,8	119,0	120,7	112,3	104,6	110,3	125,8	120,3
Обсяг реалізованої продукції та надання послуг	104,4	113,4	101,3	99,15	106,01	126,68	115,83	123,09
Внутрішній роздрібний товарообіг	109,8	114,8	115,9	109,5	91,4	79,3	104,0	108,8
Індекс споживчих цін	109,1	104,6	100,6	100,5	124,9	148,7	113,9	114,4
Експорт	128,1	130,1	101,4	90,8	88,7	69,1	94,1	120,6
Імпорт	130,8	134,2	105,2	91,1	72,4	68,8	101,8	127,5
Фінансовий результат від звичайної діяльності до оподаткування	17,2	509,0	55,5	97,9	-1096,8	-95,13	157,5	289,9
Кількість зайнятих	100,4	100,0	99,7	97,7	90,42	94,72	98,94	95,49
Кількість безробітних	91,2	97,0	98,7	96,23	105,02	95,82	79,62	90,68
Доходи населення	123,1	113,6	111,1	105,3	103,8	113,0	109,7	121,8
Середньомісячна реальна зарплата	110,2	108,7	107,8	108,4	93,5	79,8	108,8	119,1

Дані, наведені у табл. 3, свідчать про наявність зворотного зв'язку у податковому навантаженні та економічних показниках, який істотно порушився у 2013 році, коли при посиленні податкового тиску значно зменшилися доходи населення, обсяг реалізованої продукції та надання послуг, а також експорт та імпорт. Це пояснюється початком фінансово-економічної кризи в Україні, економічним падінням та її негативними проявами — інфляцією, різким зростанням валютного курсу, а отже, і цін як на вітчизняну продукцію, так і на імпортовану. Глибину кризових явищ у 2014—2015 рр. характеризує зменшення фінансового результату (прибутку) до оподаткування, а 2014 рік взагалі показав серйозне зниження всіх соціально-економічних показників, причому фінансовий результат став збитком, який значно перевищив фінансовий результат попереднього року [26].

Зростання деяких економічних показників у 2016—2017 рр., поряд з незначним збільшенням податкових надходжень у ВВП, пояснюється посткризовою активізацією господарської діяльності, а посилення податкового навантаження — скоріше виплатою податкового боргу, ніж розширенням бази оподаткування.

Висновки

Проведене дослідження дає змогу зробити певні висновки щодо впливу податкової політики на соціально-економічний розвиток. По-перше, за стабільних умов в Україні спостерігається детермінований зворотний зв'язок між податковим навантаженням та економічним розвитком. По-друге, існують практичні можливості посилення позитивного регулюючого впливу оподаткування на економічне становище шляхом зниження рівня оподаткування. По-третє, об'єктивно оцінити взаємозв'язок змін у податковому навантаженні та окремих показників соціальної сфери дуже складно, і це питання потребує подальших і детальніших досліджень. Також в Україні простежується неузгодженість ліберально спрямованих методів податкової політики із прийнятою моделлю соціально-орієнтованої економіки, і це питання потребує негайного вирішення.

Література

1. Алієв Б. Х., Абдулгалімов А. М. Теоретические основы налогообложения: Учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ, ДАНА, 2004. 171 с.
2. Бодюк А. В. Податкова політика: шляхи її реалізації. *Фінанси України*. 2002. № 2. С. 82.
3. Ванькович Д. В., Демчишак Н. Б., Луковська Ю. М. Діагностування стану інвестиційного клімату в Україні. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 1. С. 11—18.
4. Василик О. Д. Податкова система України: Навчальний посібник. К.: ВАТ «Поліграфкнига», 2004. 478 с.
5. Данілов О. Д., Флісак Н. П. Податкова система і шляхи її реформування: Навч. посібник. К.: Парламентське видавництво, 2001. 46 с.
6. Демографічна ситуація. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
7. Дикань Л. В., Воїнова Т. С., Бережний Є. Б. Деякі аспекти оподаткування в Україні. *Фінанси України*. 1999. № 4. 107 с.
8. Доходи населення. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
9. Економічна енциклопедія: У трьох томах, Т.2 / Редколегія: ... Мовчан С.В. (відп. ред.) та ін. К.: Видавничий центр «Академія», 2001. 769 с.
10. Інвестиції та будівельна діяльність. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
11. Ісаншина Г. Ю. Податковий менеджмент: Навч. посібник. Київ: ЦУЛ, 2003. 96 с.
12. Карасев М. Н. Налоговая политика и правовое регулирование налогообложения в России. М.: ООО «Вершина», 2004. 224 с.
13. Карп М. В. Налоговый менеджмент: [учебник для вузов]. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 477 с.
14. Крисоватий А. І. Теоретико-організаційні домінанти та практика реалізації податкової політики в Україні: [монографія]. Тернопіль: Карт-бланш, 2005. 375 с.
15. Куценко Т. Ф. Бюджетно-податкова політика: Навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни. К.: КНЕУ, 2002. 75 с.
16. Онищенко В. А. Податковий контроль (основи, організація). К.: Ред. журн. «Вісник податкової служби України», 2002. С. 7.
17. Основні соціально-економічні показники. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
18. Пансков В. Г., Князев В. Г. Налоги и налогообложение: Учеб. для вузов. М.: МЦФЭР, 2003. 336 с.
19. Петрович Й. Проблеми розвитку та шляхи вдосконалення податкової політики України. *Банківська справа*. 2000. № 6. 43 с.
20. Податкова система України: Підручник / В. М. Федосов, В. М. Опарін, Г. О. П'ятаченко [та ін.]; за ред. В.М. Федосова. К.: Либідь, 1994. 464 с.

21. П'янкова О. В., Ралко О. С. Зовнішня торгівля України: проблематика структурних змін та пріоритетів. *Економіка і суспільство*. 2016. № 5. С. 65—71.
22. Соколовська А. М. Податкова система України: теорія та практика становлення. К.: НДФІ, 2001. 372 с.
23. Статистичні дані Державної служби статистики України. URL:<http://www.ukrstat.gov.ua/>.
24. Фінансові результати діяльності підприємств за видами економічної діяльності. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
25. Хомяк М. Я. Аналіз сучасного стану зайнятості та безробіття в Україні. *Актуальні проблеми філософії та соціології*. 2015. С.141—146.
26. Черничко Т. В., Кірман Є. І. Аналіз фінансових результатів діяльності підприємств в Україні. *Економіка і суспільство*. 2016. № 5. С. 400—404.
27. Швець Ю. О., Бутенко А. А. Аналіз сучасного стану харчової промисловості України на внутрішньому та зовнішньому ринках. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету*. 2017. С. 71—74.

DEVELOPMENT OF MEAT-PROCESSING FACTORIES
FROM THE POSITION OF ENSURING FOOD SECURITY
OF UKRAINE

G. Kundieieva, O. Topchiy

National University of Food Technologies

Key words:

*Food security
Food safety
Meat-processing factories
Human life expectancy
Failures of the meat-
Products market*

Article history:

Received 12.07.2019
Received in revised form
26.07.2019
Accepted 15.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

This paper analyzes the state of providing the population with meat products from the perspective of food security and food safety. It has been noted that the model of responsible safe food-consumption is not only the consumption of high quality, environmentally friendly food, but also an appropriate level of nutrition in terms of balanced consumption of proteins, fats, carbohydrates, calories, vitamins and minerals of all members of the household at any time. The safety of nutrition is determined as an available and stable level of human nutrition, which corresponds to the scientifically justified ratio of consumption of macronutrients (proteins, fats and carbohydrates), micronutrients (vitamins and minerals) and the balance of caloric content of the daily diet of plant and animal origin food. The existence of the dependence of human health (the main objective of food security) on the volume of actual consumption of basic food groups, the existence of a direct dependence of the life expectancy of a person (both sexes) on consumption of meat and meat products has been established.

The development of the domestic market of meat and meat products in the context of supply has been analyzed and the main reasons have been determined. Attention is paid to the factors of demand, especially the differentiation of the income level of the population by social strata. It has been established that the most significant differentiation of food costs is observed in such groups: meat and meat products, fruit, berries, nuts, and grapes. It is indicated that meat products are key point in the diet of Ukrainian population, both in quantitative and value terms, the demand for this group is unsaturated.

Practical recommendations on the activities of domestic meat-processing factories in the context of food security and food safety have been suggested. The failures of the market mechanism require the formation of a balanced state agrarian policy, the main goal of which is to stimulate domestic producers to produce high quality and safe competitive products.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-4-9

РОЗВИТОК М'ЯСОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ З ПОЗИЦІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Г. О. Кундєєва, О. А. Топчій

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано стан забезпечення населення країни м'ясопродуктами з позиції продовольчої безпеки та безпеки харчування. Наголошено, що модель відповідального безпекового споживання харчових продуктів — це не тільки споживання якісних, екологічно чистих харчових продуктів, а й належний рівень харчування з точки зору збалансованого споживання білків, жирів, вуглеводів, калорій, вітамінів і мінералів для всіх членів домогосподарства у будь-який час. Визначено безпеку харчування як наявний і стабільний рівень харчування людини, що відповідає науково обґрунтованому співвідношенню споживання макронутрієнтів (білків, жирів і вуглеводів), мікронутрієнтів (вітамінів і мінералів) та збалансованості калорійності добового харчового раціону за рослинним і тваринним походженням. Встановлено існування залежності здоров'я людини (головної мети продовольчої безпеки) від обсягів фактичного споживання основних продовольчих груп, існування прямої залежності тривалості життя людини (обидві статі) від споживання м'яса та м'ясопродуктів.

Проаналізовано розвиток вітчизняного ринку м'яса і м'ясопродуктів з огляду на пропозиції та визначено основні причини. Приділено увагу факторам попиту, особливо диференціації рівня доходів населення за соціальними стратами. Встановлено, що найбільш значна диференціація витрат на харчування спостерігається у групах м'ясо і м'ясопродукти та фрукти, ягоди, горіхи та виноград. Зазначено, що м'ясна продукція посідає ключове місце в раціоні українського населення як у кількісному, так і вартісному вимірі й попит на цю групу є ненасиченим.

Запропоновано практичні рекомендації щодо напрямів діяльності вітчизняних м'ясопереробних підприємств у контексті забезпечення продовольчої безпеки та безпеки харчування. Провали ринкового механізму потребують формування зваженої державної аграрної політики, головною метою якої — стимулювання вітчизняних виробників до випуску якісної та безпечної конкурентоспроможної продукції.

Ключові слова: *продовольча безпека, безпека харчування, м'ясопереробні підприємства, тривалість життя людини, провали ринку м'ясопродуктів.*

Постановка проблеми. Питання продовольчої безпеки відноситься до найбільш актуальних проблем сучасності, але, незважаючи на певні досягнення у цій сфері, у світі від недоїдання страждає майже кожна дев'ята людина. Серед «Цілей сталого розвитку», що були ухвалені на Саміті ООН зі сталого розвитку у 2015 році, на другому місці ліквідація голоду, забезпечення про-

довольчої безпеки та поліпшення харчування і сприяння сталому розвитку сільського господарства. Важливість вирішення цього питання пов'язана з тим, що здоров'я й тривалість життя людини майже на 60% залежить від характеру харчування. Водночас рівень і якість продовольства, що споживається населенням, значною мірою характеризують ступінь соціально-економічного розвитку держав. Вітчизняний аграрний сектор є найважливішим структуроутворюючим фактором у системі забезпечення продовольчої безпеки країни. Продовольча безпека в усіх її проявах відбиває здатність цього сектору забезпечити збалансованість і стійкість економічного розвитку країни. Тільки за умови стабільності на внутрішньому продовольчому ринку держава здатна проводити самостійну внутрішню і зовнішню політику.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомий внесок у розроблення теоретико-методичних і практичних засад продовольчої безпеки та шляхів її забезпечення зробили Л. М. Бойко, О. Г. Білорус, В. І. Власов, О. І. Гойчук, І. І. Лукінов, Т. Л. Мостенська, Р. П. Мудрак, І. В. Федулова та ін. Обґрунтуванню науково-методичних основ регулювання агропромислового комплексу країни присвячені праці Б. М. Андрушківа, П. П. Борщевського, В. П. Галушко, Л. В. Дейнеко, Д. Ф. Крисанова, П. М. Купчака, М. К. Пархомця, Н. П. Чорної та ін. Дослідженню сучасного стану м'ясопереробної галузі присвячені праці О. І. Драган, В. І. Ємцева, П. О. Заремби, І. О. Седікової, В. О. Янкового та ін. Вирішення питання продовольчої безпеки більшість дослідників розглядають з позиції виробництва: розробка і впровадження інтенсивних технологій, які забезпечують вищий темп приросту виробництва [1—3] та екологобезпечної органічної продукції на основі раціонального використання природних ресурсів [4]. Проте вирішення питань продовольчого забезпечення населення країни потребує застосування не тільки виробничого підходу, а й споживчого. Можливість вирішення питань продовольчої безпеки шляхом ефективного використання харчових продуктів (споживання) потребує більш глибокого дослідження.

Мета статті: застосування комплексного підходу, що поєднує виробничий підхід, в рамках якого країна повинна сама забезпечувати себе продовольством, збільшуючи частку власного виробництва внаслідок підвищення ефективності аграрного сектора, та споживчий підхід, що ґрунтується на гарантованому задоволенні потреб в їжі всіх соціальних груп населення за рахунок як вітчизняних, так і імпортних харчових продуктів відповідно до безпекової моделі споживання харчових продуктів.

Викладення основних результатів дослідження. Модель відповідального безпекового споживання харчових продуктів — це не тільки споживання якісних, екологічно чистих харчових продуктів. Експертами ВООЗ визначено безпеку харчування як належний рівень харчування з точки зору збалансованого споживання білків, жирів, вуглеводів, калорій, вітамінів і мінералів для всіх членів домогосподарства у будь-який час [5]. Розширення сутності безпеки харчування такими ознаками, як наявність і стабільність, що притаманні безпеці, дає змогу визначити безпеку харчування як наявний і стабільний рівень харчування людини, що відповідає науково обґрунтованому співвідно-

шенню споживання макронутрієнтів (білків, жирів і вуглеводів), мікронутрієнтів (вітамінів і мінералів) та збалансованості калорійності добового харчового раціону за рослинним і тваринним походженням.

ВООЗ рекомендує таке загальне співвідношення білків, жирів і вуглеводів: 18:16:66 [5]. В українських нормативних документах це співвідношення визначено як 13:13:75 або 1:1,2:4,6 [6]. Крім того, рекомендовано добове споживання білків 85—100 гр, жирів — 100—150 гр, вуглеводів — 400—500 гр. З метою визначення залежності здоров'я людини від обсягів фактичного споживання основних продовольчих груп досліджено залежність між тривалістю життя (обидві статі) та кількістю фактичного споживання продовольства. Здійснений кореляційний аналіз, результати якого наведені у табл. 1, вказує на існування прямої та оберненої залежності тривалості життя людини (обидві статі) від споживання основних продовольчих груп, а також часового тренду.

Таблиця 1. Показник зв'язку тривалості життя (обидві статі) від споживання основних продовольчих груп, розраховано авторами

Продовольчі групи	Значення коефіцієнта кореляції
Хліб і хлібопродукти	-0,9158
М'ясо і м'ясопродукти	0,92464
Молоко і молокопродукти	-0,6305
Риба та рибопродукти	-0,5104
Яйця, шт.	0,9558
Овочі та баштанні культури	0,96399
Плоди, ягоди і виноград	0,95665
Картопля	0,60402
Цукор	-0,7876
Рослинна олія	-0,51866

На основі отриманих результатів виконано регресійний аналіз впливу кількості споживання м'яса на тривалість життя людини (обидві статі). Дослідження моделі на адекватність здійснювалося за допомогою знаходження множинного коефіцієнта детермінації, який оцінює частку варіації результату за рахунок представлених у рівнянні факторів у загальні варіації результату. У цьому разі $R^2 = 0,85$, тобто існує функціональний зв'язок між тривалістю життя людини (обидві статі) та вибраним фактором (обсягом споживання м'яса та м'ясопродуктів). Отримане рівняння $Y = 57,85 + 0,245x_1$, де Y — тривалість життя людини (обидві статі); x_1 — кількість спожитого м'яса та м'ясопродуктів, високозначуще і цілком пояснює фактор, що досліджується. Цю модель можна використати для прогнозу тривалості життя людини. За умов споживання фізіологічної норми м'яса та м'ясопродуктів (83 кг) тривалість життя становитиме 78,22 року, а за умов мінімальної норми споживання, яка затверджена у споживчому кошику (52 кг), — 70,6 року.

Впродовж 1990-х років відбувся різкий спад споживання населенням країни м'яса та м'ясопродуктів, незважаючи на те, що для української культури харчування притаманний раціон, насичений м'ясними стравами. Зокрема, якщо у 1990 р. фактичне споживання м'яса та м'ясопродуктів становило 68 кг на особу на рік (81,9% від фізіологічної норми споживання), то вже у 2000 р.

споживання зменшилося майже вдвічі, склавши тільки 33 кг (39,8% від фізіологічної норми споживання). Це було обумовлено різким зниженням пропозиції м'ясних виробів, зростанням ціни і, як наслідок, економічною недоступністю цих продуктів для більшості населення країни. Наступні десятиліття відзначаються тенденцією до поступового щорічного зростання особистого споживання м'яса і м'ясопродуктів до 56 кг у 2013 р. (70% від фізіологічної норми споживання) та зниження споживання до 51,7 кг (64,6% від фізіологічної норми споживання) у 2017 році.

За досліджуваний період відбулися трансформації у структурі споживання м'яса та м'ясопродуктів. Якщо у раціоні українців впродовж 80-х років ХХ ст. переважали свинина, яловичина та телятина, то з 90-х років стало переважити м'ясо птиці. Пов'язано це з тим, що у двохтисячних роках у країні стрімко зросла пропозиція м'яса птиці, чому сприяв розвиток промислового виробництва за рахунок створення вертикально інтегрованих підприємств у галузі. Проте в Україні споживається м'яса птиці вдвічі менше ніж у США (рис. 1), а яловичини — менше за світовий рівень. Слід зазначити, що загалом споживання м'яса українцем перевищує світовий рівень на 25%, але складає 60% від європейського рівня і 42% від обсягу споживання американця.

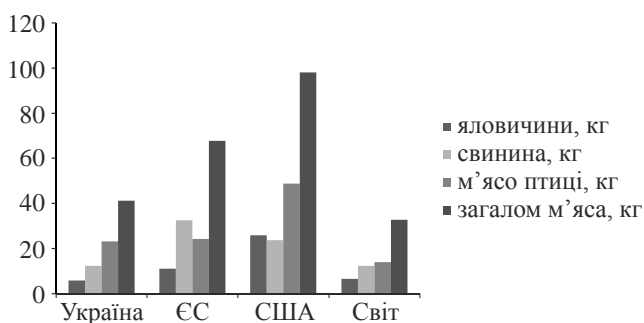


Рис. 1. Структура споживання м'яса в Україні, ЄС, США і світі, 2017 р. (кг на одну особу), розраховано авторами на основі [7]

Аналіз структури витрат на споживання харчових продуктів (табл. 2) свідчить, що протягом 2010—2017 рр. максимальна частина (близько 25—21%) усіх витрат на харчування належить м'ясу і м'ясопродуктам.

Таблиця 2. Динаміка структури сукупних споживчих продовольчих витрат в Україні за 2010—2017 рр., розраховано авторами на основі [8]

Показники	М'ясо та м'ясопродукти	Молоко та молокопродукти	Яйця	Овочі	Кертопля	Фрукти	Цукор	Олія	Риба та рибні продукти	Хліб та хлібопродукти	Інші продукти харчування	Безалкогольні напої	Харчування поза домом	Усього сукупних витрат на харчування, %	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Роки	2010	21,8	10,7	2,3	14,1	5,3	6	8	3,1	5,7	12,8	2	5	3,2	100
	2011	22,5	11,1	2,1	13,2	5	6,3	7,7	3,3	5,5	13,1	2,1	5	3,1	100
	2012	24,9	11,4	2,4	11,1	2,7	6,7	7,2	3,5	6	13,1	2,1	5,4	3,5	100

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2013	23,2	11,2	2,5	12,5	3,8	6,5	7,1	3,3	6	12,9	2,2	5,3	3,5	100	
2014	21,6	11,1	2,6	13,4	4,2	6,3	7,6	3,1	5,8	13,4	2,2	5,3	3,4	100	
2015	20,6	10,3	3,5	12,8	3,4	6,1	7,7	3,9	5,2	15,2	2,6	5,9	2,8	100	
2016	21,4	10,8	3,3	8,8	3,3	6,3	8,2	4,4	5,2	15,5	2,9	6,1	3,3	100	
2017	23,4	13,5	2,6	8,9	3,5	6,4	7,5	3,2	5,3	14,5	2,4	5,4	3,4	100	

Наступну групу харчових продуктів, частка витрат на які перебуває в межах 10—20%, становлять молоко і молочні продукти (10—12%), овочі (11—15%), хліб і хлібопродукти (13%). Особливої уваги потребує питання диференціації рівня доходів населення за соціальними стратами як головного регулятора споживчого попиту.

Здійснений аналіз диференціації споживчих витрат домогосподарств України за квінтилями у 2010—2017 рр. вказує на існування диференціації витрат на харчування (табл. 3). Найбільш значна диференціація спостерігається у групах м'ясо і м'ясопродукти та фрукти, ягоди, горіхи та виноград.

Таблиця 3. Диференціація обсягів споживання основних продовольчих груп за квінтильними групами в Україні (2010—2017 рр.), розраховано авторами на основі [8]

Показник	Роки							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Індикатор диференціації вартості харчування в домогосподарствах між п'ятою та першою квінтильними групами	1,29	1,6	1,62	1,61	1,56	1,48	1,59	1,62
м'яса і м'ясопродуктів	1,92	1,87	1,78	1,83	1,81	1,71	1,68	1,89
молока і молочних продуктів	1,71	1,69	1,6	1,67	1,62	1,61	1,70	1,70
яєць	1,22	1,29	1,22	1,27	1,22	1,24	1,29	1,39
риби і рибопродуктів	1,77	1,69	1,62	1,61	1,75	1,68	1,67	1,65
цукру	1,36	1,35	1,31	1,25	1,38	1,36	1,41	1,66
олії та інших рослинних жирів	1,19	1,25	1,06	1,16	1,2	1,13	1,26	1,21
картоплі	1,06	1,13	0,95	1,06	1,16	1,12	1,17	1,17
овочів та баштанних	1,49	1,54	1,39	1,47	1,55	1,58	1,53	1,65
фруктів, ягід, горіхів, винограду	2,29	2,29	2,2	2,16	1,96	2,09	2,11	1,95
хліба і хлібних продуктів	1,05	1,05	1,03	1,06	1,17	1,14	1,21	1,28

Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що м'ясна продукція посідає ключове місце в раціоні українського населення як у кількісному, так і вартісному вимірі й попит на цю групу є ненасиченим.

Аналіз пропозиції м'яса та м'ясопродуктів і, відповідно, стану й перспектив розвитку виробництва та функціонування м'ясопереробних виробників України свідчить, що ринок м'яса та м'ясних виробів майже на 85% сформований продукцією вітчизняних виробників (табл. 4).

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ І МАРКЕТИНГ

Таблиця 4. Динаміка обсягів виробництва основних видів м'яса, тис. т, розраховано авторами на основі [8]

Найменування продукції	Роки								2017 р. у % до	2017 у % до
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2010 р.	2016
М'ясо великої рогатої худоби свіже чи охолоджене	87,2	64	61,8	62,8	55,9	50,7	45,5	56,9	65,3	125,1
М'ясо великої рогатої худоби заморожене	24,1	17,8	16,2	25,4	17,4	20,7	20,1	18,4	76,3	91,5
М'ясо свиней свіже чи охолоджене	164	202	191	222	257	258	238	226	137,8	95,0
М'ясо свиней заморожене	7,5	8,6	13,3	10,6	14,5	15,7	7,4	6,6	88,0	89,2
М'ясо свійської птиці свіже чи охолоджене	693	689	691	778	710	712	671	774	111,7	115,4
М'ясо свійської птиці заморожене	90,7	68,9	75,5	139	159	181	217	76,8	84,7	35,4
Вироби ковбасні	283	292	294	294	267	236	233	247	87,3	106,0
Продукти готові та консервовані	9,9	7,9	7,7	8,5	13,1	16,7	19	15	151,5	78,9

Протягом 2010—2017 рр. спостерігається суттєве зменшення виробництва м'яса великої рогатої худоби. В той же час спостерігалася тенденція позитивної динаміки з виробництва м'яса свиней та птиці. Найвищі темпи зростання спостерігалися у виробництві: м'яса свиней свіже та охолоджене, м'яса свійської птиці свіже та охолоджене, але зменшилося виробництво ковбасних виробів — темп зниження виробництва за 2010—2017 рр. склав 13%. Слід відзначити, що найвищий темп зростання виробництва за аналізований період зберігався у виробництві консервованої продукції та субпродуктів, де за аналізований час зростання склало понад 50%.

З метою визначення фінансово-економічного стану м'ясопереробної галузі проаналізовано чистий прибуток (збиток) підприємств за видами економічної діяльності. Протягом аналізованого періоду фінансове сальдо підприємств м'ясопереробної промисловості тільки у 2010 і 2014 роках було від'ємним. У 2017 р. сальдо становило 6684,4 млн грн (табл. 5), цей показник для виробництва харчових продуктів становив 6794,4 млн грн.

Таблиця 5. Чистий прибуток (збиток) підприємств за видами економічної діяльності за 2010—2017 рр., розраховано авторами на основі [8]

Показник	Роки							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	Усього							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів								
Чистий прибуток (збиток) підприємств за видами економічної діяльності	2238,8	2303,6	7183,9	6531,7	-16906,0	-16553,3	-7509,5	8896,3
% підприємств, які отримали прибуток	58,8	58,1	60,3	62,1	61,6	72,0	70,8	69,1

Продовження табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фінансовий результат підприємств, які отримали прибуток, млн грн	8062,2	9751,0	12546,2	11997,9	11377,4	17022,7	15540,4	23771,5
% підприємств, які отримали збитки	41,2	41,9	39,7	37,9	38,4	28,0	29,2	30,9
Фінансовий результат підприємств, які отримали збитки, млн грн	5823,4	7447,4	5362,3	5466,2	28283,4	33576,0	23049,9	14875,2
Виробництво харчових продуктів								
Чистий прибуток (збиток) підприємств за видами економічної діяльності	205,4	-97,9	3948,6	3412,2	-14567,6	-13314,7	-4372,3	6796,4
% підприємств, які отримали прибуток	59,6	59,3	61,3	63,0	62,7	72,6	71,1	69,7
Фінансовий результат підприємств, які отримали прибуток, млн грн	5124,6	6153,8	8610,1	7757,7	8487,1	13907,5	13352,2	20319,2
% підприємств, які отримали збитки	40,4	40,7	38,7	37,0	37,3	27,4	28,9	30,3
Фінансовий результат підприємств, які отримали збитки, млн грн	4919,2	6251,7	4661,5	4345,5	23054,7	27222,2	17724,5	13522,8
Виробництво м'яса та м'ясних продуктів								
Чистий прибуток (збиток) підприємств за видами економічної діяльності	-262,5	609,8	1210,1	774,0	-471,8	799,7	1237,2	6684,4
% підприємств, які отримали прибуток	63,5	58,8	64,3	64,7	64,6	75,9	75,4	70,8
Фінансовий результат підприємств, які отримали прибуток, млн грн	476,0	1028,2	1557,3	1194,2	655,9	1548,5	1825,2	7363,6
% підприємств, які отримали збитки	36,5	41,2	35,7	35,3	35,4	24,1	24,6	29,2
Фінансовий результат підприємств, які отримали збитки, млн грн	738,5	418,4	347,2	420,2	1127,7	748,8	588,0	679,2

Серед усіх видів виробництв харчових продуктів найбільше додатне saldo мало саме виробництво м'яса та м'ясних продуктів.

Головною проблемою для підприємств харчової промисловості є забезпеченість сировиною. Особливо актуальне це питання для м'ясопереробних і молокопереробних підприємств. Так, на думку Д. Ф. Крисанова, Л. О. Удової, О. М. Варченко, вищезазначені підприємства майже на 50% забезпечуються м'ясосировиною, вирощеною в господарствах населення [9]. Використання

несертифікованої сировини, яка не відповідає державним стандартам якості, не може гарантувати належний рівень якості кінцевої продукції. Зрозуміло, що підвищений попит на якісну сировину спричиняє значне зростання цін на неї, що збільшує собівартість виробленої продукції та знижує рентабельність виробництва. Значне зростання тарифів на тепло, паливо та електроенергію зумовило ще більше зниження рентабельності виробництва та його збитковість. Проте вітчизняна м'ясна галузь має значні резерви та великі перспективи розвитку, реалізація яких можлива лише за умови подолання негативних явищ в аграрному секторі.

Виходячи з того, що попит на продовольство є нееластичним за ціною, то збільшення доходів підприємств харчової промисловості можливе тільки за рахунок зростання ціни на вироблену продукцію. Подальше збільшення ціни на продовольство спричинить ще більше зниження купівельної спроможності пересічного українця і, відповідно, зменшення споживання «дорогих» груп продовольства (м'ясо та м'ясопродукти, риба та рибодукти, молоко та молокопродукти). Це призведе до порушення білково-ліпідно-вуглецевого балансу харчового раціону, що не може не позначитися на здоров'ї людини.

З метою покращення стану здоров'я людини, на думку Г. О. Сімахіної, необхідне створення індустрії здорового харчування — це створення нових технологій та нових харчових продуктів, що визначається необхідністю забезпечити населення країни здоровим, функціональним харчуванням як основним елементом підвищення якості життя людини, поліпшення стану її здоров'я [10]. Результати здійсненого аналізу безпеки харчування свідчать про те, що в Україні потреба в поживних речовинах і додаткових вітамінах є більш актуальною, ніж в інших країнах. Це обумовлено як несприятливими екологічними умовами, так і незбалансованою структурою харчування [11].

Утім функціональні харчові продукти не відносяться до товарів масового попиту, а «цільова аудиторія» для таких продуктів починає формуватися з людей, для яких притаманне відповідальне ставлення до власного здоров'я та людей зрілого віку. Перешкодою формування попиту на функціональні продукти є не тільки низка купівельна спроможність, а й відсутність або брак знань щодо корисності вказаних продуктів у значній частини населення. При недостатньому рівні обізнаності в галузі здорового харчування споживач не в змозі диференціювати збагачені і традиційні продукти [11].

Перспективним напрямом розвитку м'ясопереробної галузі є розвиток вертикально-інтегрованих структур, забезпечення повного замкнутого циклу виробництва: від вирощування та відгодівлі худоби, свиней, виготовлення комбікормів до виробництва та реалізації м'ясної продукції, тобто перехід до циркулярної моделі економіки. Застосування високотехнологічного обладнання, створення власного репродуктивного стада із залученням кращих племінних порід, подальший розвиток селекційної роботи, організація та впровадження замкнутого циклу виробництва дають можливість виробляти натуральні м'ясні продукти високої якості [12].

Інтеграційні процеси у сфері виробництва м'яса та м'ясної продукції мають як позитивні, так і негативні наслідки. З одного боку, збільшення розмірів

підприємств і сфер підприємницької діяльності надає можливість збільшити інноваційні та інвестиційні ресурси, а з іншого — концентрація виробництва не сприяє зростанню підприємницької ініціативи та «чесної» конкуренції на ринку. На сьогодні на ринку м'яса є один потужний оператор «Миронівський хлібопродукт» — 46%, комплексу «Агромарс» належить 9%, частка «АПК-ІНВЕСТ» — 5% [13]. Ринок є монополізованим, хоча у статті 12 Закону України «Про захист економічної конкуренції» чітко визначено монопольне становище: частка підприємства на ринку продукції перевищує 35% [14]. Проте саме «Миронівський хлібопродукт» протягом останніх років є абсолютним лідером з отримання дотацій з державного бюджету [15]. Підсумовуючи, слід зазначити, що в Україні поки що не створено належної платформи для розвитку інтеграційних процесів і забезпечення інтересів усіх гравців ринку харчової продукції та споживачів, що стримує приплив як іноземних, так і вітчизняних інвестицій у галузь [16, с. 57].

Висновки

Проаналізувавши передумови вирішення питань забезпечення населення країни м'ясними продуктами, можна зробити висновок, що провали ринкового механізму, які вказують на неспроможність забезпечити натеper ефективну конкурентну рівновагу на агропродовольчому ринку, нормальну прибутковість виробнику, потребують формування зваженої державної аграрної політики. Державна політика повинна будуватися таким чином, щоб стимулювати вітчизняних виробників до випуску якісної та безпечної конкурентоспроможної продукції. Причому необхідне встановлення паритету цін між сільськогосподарськими виробниками, переробними підприємствами та торговельними організаціями.

Держава повинна здійснювати контроль за цінами на харчові продукти, особливо тваринницької групи, які стають товаром-розкішшю для більшості населення країни. Ціни на харчові продукти формують розмір вартості продовольчого кошика і, відповідно, прожиткового мінімуму (всі інші мінімальні доходи населення). З метою нівелювання провалів ринку продовольства держава повинна впровадити програму внутрішньої продовольчої підтримки населення країни.

Література

1. Саблук П. Т., Білоус О. Г., Власов В. І. Продовольча безпека України. *Економіка АПК*. 2009. № 10. С. 3—7.
2. Гойчук О. І. Продовольча безпека: монографія. Житомир: Полісся, 2004. 348 с.
3. Федулова І. В., Мостенська Т. Г. Стратегічні пріоритети розвитку харчової промисловості України в контексті забезпечення продовольчої безпеки. Варшава: IAFENRI, 2011. № 6.1. С. 209—231.
4. Чорна Н. П. Стратегічні вектори інноваційного розвитку сільського господарства України. *Економіка та держава*. 2015. № 7. С. 22—25.
5. Всесвітня організація охорони здоров'я. Глобальний веб-сайт www.who.int/ru
6. Харчування. Норма харчування. URL: <http://i-medic.com.ua/index.php?newsid=8278>

7. Офіційний сайт OECD/FAO (2017), OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-en
8. Офіційний сайт Державної служби статистики України URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
9. Крисанов Д. Ф., Удова Л. О., Варченко О. М. Потенціал харчових галузей АПК України: структурні трансформації та результативність використання. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. № 1. С. 121—135.
10. Сімахіна Г., Науменко Н. Інновації у харчових технологіях. *Товари і ринки*. 2015. № 1. С.189—201.
11. Мостенська Т. Л., Кундєєва Г. О. Харчування як складова продовольчої безпеки. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2016. № 3. С. 72—86.
12. Бергер А. Д. Сучасні тенденції розвитку м'ясопереробної галузі України. *Інтелект XXI*. 2017. № 1. С. 41—51
13. Food industry in Ukraine. URL: <https://businessviews.com.ua/ru/rules-food-industry-report-2017/>
14. Офіційний сайт Верховної Ради України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/-2210-14>
15. Офіційний сайт URL: <https://economics.unian.ua/agro/10327587-agroholding-kosyukacogo-roku-otrimav-812-milyoniv-derzhdotaciy.html>
16. Варченко О. К вопросу соединения государственного и рыночного регулирования продовольственной безопасности. *Экономика Украины*. 2004. № 7. С. 53—59.

**THE WAYS OF COUNTERACTING THE SHADOW
MARKET OF ALCOHOL
AS A COMPONENT OF ECONOMIC SECURITY**

O. Butnik-Siverskiy

Institute of Post-graduate Education of the National University of Food Technologies

Key words:

*Economic security
Crimes
Shadow economy
Alcohol market
Alcohol products
Fighting against
economic crimes*

Article history:

Received 11.07.2019
Received in revised form
24.07.2019
Accepted 16.08.2019

Corresponding author:

O. Butnik-Siverskiy
E-mail:
busiv@ukr.net

ABSTRACT

The paper deals with the basic principles of ensuring economic security of Ukraine and a comparative analysis of the definitions of its essence. It has been noted that the main definitions of the category and components of economic security are not the counteraction to the shadow economy or counteraction to the shadow market, as a special component of economic security, which should be allocated to an independent category.

The purpose of the researches was to generalize the category and components of economic security from the point of scientific substantiation of counteraction to the shadow market and identification the ways to counteract the shadow market of alcohol sales and the directions of actualization of the fight against shadow policy, corruption and economic crimes. The object of research was the shadow market alcoholic beverages.

It has been scientifically substantiated the economic nature and distribution of the shadow market of alcohol products in Ukraine as an independent component of economic crimes in the conditions of overcoming the crisis phenomena in the economy.

The author formulated some categories of the phenomena of the modern economy: shadow economy; shadow policy; corruption; crimes in the field of economic activity; economic crimes.

It has been considered the manifestation of the shadow economy in Ukraine from the point of shadow policy, corruption and economic crime as a research method. The phenomena of the shadow economy at the international level was compared to the situation in Ukraine and it was considered the shadow market of alcoholic beverages sales according to estimations made by experts, investigative officers of the tax police, which confirms the size of the great losses caused to the state, and also it was summarized the list of such violations. The ways of counteracting the shadow market of alcohol products from the point of view of scientific substantiation of the unshadowing the alcohol industry of Ukraine were proposed, which is directed as a method of research on actualization of the directions of fighting against shadow policy, corruption and economic crimes.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-4-10

ШЛЯХИ ПРОТИДІЇ ТІНЬОВОМУ РИНКУ СПИРТУ І АЛКОГОЛЮ ЯК СКЛADOVA ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

О. Б. Бутнік-Сіверський

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

У статті розглянуто основні принципи забезпечення економічної безпеки України та здійснено порівняльний аналіз визначень її сутності. Зазначено, що до основних визначень категорії та складових економічної безпеки не віднесено протидію тіньовий економіці або протидію тіньовому ринку як особливу складову економічної безпеки, яку потрібно виділити у самостійну категорію.

Узагальнено категорії та складові економічної безпеки з позиції наукового обґрунтування протидії тіньовому ринку та визначено шляхи протидії тіньовому ринку реалізації спирту й алкоголю як напрями актуалізації боротьби з тіньовою політикою, корупцією та господарськими злочинами.

Науково обґрунтовано економічну природу та поширення тіньового ринку спирту та алкогольної продукції в Україні як самостійної складової господарських злочинів в умовах подолання кризових явищ в економіці. Сформульовано окремі категорії феномену сучасної економіки: тіньова економіка, тіньова політика, корупція, злочини у сфері економічної діяльності, господарські злочини.

Розглянуто прояв тіньової економіки в Україні з позиції тіньової політики, корупції та злочинів у сфері економіки, феномен тіньової економіки на міжнародному рівні порівняно зі станом в Україні. Наведено оцінки експертів, слідчих працівників податкової міліції тіньового ринку реалізації спиртової та лікєро-горілчаної продукції, що підтверджують розмір завданих великих збитків державі, а також узагальнено перелік таких порушень. Запропоновано шляхи протидії тіньовому ринку спирту та алкогольної продукції з позиції наукового обґрунтування детінізації економіки спиртової промисловості України.

Ключові слова: *економічна безпека, злочини, тіньова економіка, ринок спирту, алкогольна продукція, боротьба з господарськими злочинами.*

Постановка проблеми. Наукові дослідження проблеми тіньової економіки свідчать про наявність у ній кримінального сегмента у двох основних формах: організованої та економічної злочинності, суб'єкти яких «співпрацюють» з органами державного управління і контролю у привласненні надвисокого «сукупного тіньового доходу». Нині тіньова економіка, організована злочинність і корупція неразривно пов'язані між собою, що водночас зумовлює взаємозалежність корупційних злочинів з отриманням значної матеріальної вигоди [1, с. 5].

На фоні економічної кризи в Україні загострюється та актуалізується проблема протидії тонізації ринку спирту й алкогольної продукції як складо-

вої національної безпеки в економічній сфері. Цьому сприяє процес формування тіньової економіки в Україні, зумовлений несприятливим інституційним середовищем ведення бізнесу, низьким рівнем індексу економічної свободи та зростання тінізації в підприємницькій діяльності, неефективністю функціонування судової та правоохоронної системи, високим рівнем злочинності тощо. У цій площині нагальною стає потреба розглянути економічний стан, в якому знаходиться у теперішній час спиртова промисловість України, де значна обмеженість внутрішнього ринку харчового спирту, затягування процесів реорганізації та реструктуризації галузі і окремих підприємств, нищення значної частки виробничого потенціалу, втрати господарських зв'язків і ринкових можливостей. Такий стан економіки в спиртовій промисловості створює сприятливі умови поширення тінізації ринку реалізації спирту та лікєро-горілочаної продукції. Саме пошук шляхів протидії тіньовому ринку спирту і алкоголю є цільовим науковим завданням з метою покращення економічної безпеки країни в умовах кризових явищ в економіці країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для України основні напрямки розвитку національної безпеки в економічній сфері відображаються у подоланні тінізації економіки через реформування податкової системи, оздоровлення фінансово-кредитної сфери та припинення відпливу капіталів за кордон, зменшенні позабанківського обігу грошової маси, забезпеченні продовольчої безпеки, захисті внутрішнього ринку від недоброякісного імпорту — поставок продукції, що може завдавати шкоди національним виробникам, здоров'ю людей та навколишньому природному середовищу [2, с. 234]. Одночасно науковці акцентують увагу на тому, що «тіньова економіка є базисом складно організованої багаторівневої системи, до якої належить і вся тіньова інфраструктура, що забезпечує її функціонування (законодавча, судова, політична, ідеологічна, культурна, етична, система цінностей і поведінкових норм), що активно впливає на стан тінізаційних процесів» [1, с. 27].

Проблемам економічної безпеки та її забезпечення приділяють увагу І. Бінько, З. Варналій, З. Гбур, М. Гетьманчук, Т. Гордієнко, М. Денисенко, З. Живко, М. Єрмошенко, В. Мунтіян, Г. Пастернак-Таранущенко, О. Рєзнік, В.Третяк, В. Шлемко та ін. Дослідження тіньового ринку знаходиться в полі зору таких науковців: І. Демківа, К. Матвійчука, Є. Невмержицького, Т. Тищук, О. Шарікової, І. Шевчук та ін. Певні аспекти цієї проблематики потребують додаткового вивчення та доопрацювання, зокрема щодо визначення економічної безпеки та її зв'язку з протидією тіньовому ринку. Протидії тіньовому ринку спирту та алкогольної продукції фрагментарно приділяють увагу О. Голубєва, І. Демків, Н. Коткова, Я. Паламаренко, Р. Чайківський, О. Шаманська та ін.

Метою статті є узагальнення категорії та складових економічної безпеки з позиції наукового обґрунтування протидії тіньовому ринку як самостійної складової господарських злочинів та визначення шляхів протидії тіньовому ринку спирту й алкоголю за напрями актуалізації боротьби з тіньовою політикою, корупцією та господарськими злочинами.

Викладення основних результатів дослідження. Проблема економічної безпеки та її зв'язок з протидією тіньовому ринку, злочинністю у сфері

економічних відносин в умовах подолання кризових явищ в економіці, боротьби за незалежність у гібридній війні, нав'язаної Російською Федерацією, сьогодні набуває підвищеної гостроти та потреби у поглибленому науковому дослідженні, зокрема в спиртовій промисловості.

Із загальних позицій до найважливіших елементів національної безпеки відносять економічну безпеку України, завданням якої стало забезпечення пропорційного та безперервного економічного зростання, приборкання інфляції та безробіття, формування ефективної структури економіки, скорочення дефіциту бюджету та державного боргу тощо. Належний рівень економічної безпеки досягається здійсненням єдиної державної політики, підкріпленої системою скоординованих заходів, адекватних внутрішнім і зовнішнім загрозам. Без такої політики неможливо домогтися виходу з кризи, примусити працювати механізм управління економічною ситуацією, створити ефективні механізми соціального захисту населення. Тому до основних принципів забезпечення економічної безпеки України відносять: дотримання законності на всіх етапах забезпечення економічної безпеки; баланс економічних інтересів особи, сім'ї, суспільства, держави та їх взаємної відповідальності; своєчасність і адекватність заходів, пов'язаних із відверненням загроз і захистом національних економічних інтересів; надання пріоритету мирним заходам у вирішенні як внутрішніх, так і зовнішніх конфліктів економічного характеру; інтеграцію національної економічної безпеки з міжнародною економічною безпекою [3].

Слід зазначити, що в економічній науці не сформована єдина думка щодо визначення категорії економічної безпеки. В історичному зрізі в українській науковій літературі поняття «економічна безпека» вперше вжито в 1994 р. Г. А. Пастернак-Таранущенко. На думку дослідника, економічна безпека — складова національної безпеки. Це наймолодша з наук про безпеку держави, яка зародилась на підґрунті необхідності забезпечення державності за рахунок використання відповідних заходів та засобів, що покликані забезпечити стабільність стану держави попри економічний тиск, який здійснюється ззовні або зсередини [4, с. 23].

Здійснюючи порівняльний аналіз визначень сутності економічної безпеки, О. М. Резнік прийшов до висновку, що «економічна безпека держави — це основна складова національної безпеки, яка сприяє захищеності національно-державних інтересів у сфері економіки, основним критерієм якої є здатність економіки країни стримувати внутрішні та зовнішні загрози» [2, с. 233]. Але перелічені О.М. Резніком автори не визначають складові економічної безпеки. Розвиваючи складові, науковці В. В. Третяк та Т. М. Гордієнко до основних визначень категорії «економічна безпека» віднесли: стан економіки та економічного механізму; комплекс заходів із забезпечення розвитку економіки; стан захищеності економічних і життєвих інтересів; стан виробничої підсистеми; складова національної безпеки; стабільність та якість життєдіяльності суспільства; стан державної влади країни; незалежність країни та економічної політики, що свідчить про її складність, багатогранність і різноплановість [5, с. 7]. З. Гбур [6, с. 252—253] до економічної безпеки України включає виробничу, демографічну, енергетичну, зовнішньоекономічну, інвес-

тиційно-інноваційну, макроекономічну, продовольчу, соціальну, фінансову безпеки, які враховані фахівцями Міністерства економічного розвитку та торгівлі України і затверджені у відповідному наказі «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо розрахунку рівня економічної безпеки України» № 1277 від 29.10.2013.

Як бачимо, до основних визначень категорії та складових економічної безпеки не відносять протидію тіньовий економіці або протидію тіньовому ринку, хоча, на наш погляд, це особлива складова економічної безпеки, яку потрібно виділити у самостійну категорію. Це пояснюється тим, що немає єдиного підходу не тільки до категоріального апарату (ілегална, невидима, нелегальна, кольорова — на кшталт сіра, чорна тощо, андеграундна, прихована тощо) [1, с. 10], а також до трактування змісту тіньової економіки, що призводить до деструктивності поглядів на це явище, методів оцінювання його обсягів і масштабів та шляхів протидії. Зупинимось на окремих категоріях цього феномену сучасної економіки.

Тіньова економіка (англ. Black economy, Ghosteconomy, Shadoweconomy) — це господарська діяльність, яка розвивається поза державним обліком і контролем. Протидія тіньовому ринку спирається на актуалізацію напрямів поширення і прояву тіньової економіки в Україні, до якої віднесено тіньову політику, корупцію та злочини у сфері економіки.

Тіньова політика являє собою сукупність заходів щодо лобювання (від англійського lobby — кулуари) корисливих інтересів нової кланово-олігархічної еліти тіньового бізнесу у сфері управління державою.

Корупція (від латинського corruptio — підкуп) означає зловживання державною владою для власної вигоди. Масштаби й наслідки корупції в Україні є фактором, який дестабілізує суспільне життя, ставить під загрозу конституційний лад.

Злочини у сфері економічної діяльності — це з правової точки зору умисні суспільно небезпечні діяння (дії або бездіяльність), що посягають на економічну безпеку держави, на встановлений законом порядок виробництва, розподілу, обміну, споживання матеріальних благ і послуг і заподіюють шкоду або створюють загрозу заподіяння шкоди матеріальним інтересам особистості, суспільства, держави.

Ознакою сучасності стало зростання у сфері економічної діяльності економічної злочинності. До цього складу більшість науковців відносить загальні господарські злочини, що знайшло відтворення у Кримінальному кодексі України, зокрема в Розділі VII КК України в редакції від 02.08.2018 за назвою «Злочини у сфері господарської діяльності» (Закон України від 05.04.2001 № 2341-III).

З правової позиції, господарські злочини — це суспільно небезпечні посягання, які заподіюють значну шкоду системі господарства України, або суспільно небезпечні, протиправні, винні діяння, які завдають шкоди схваленим і охоронюваним державою суспільним відносинам у сфері економіки. Але при цьому в КК України не виділяється у складових господарських злочинів тіньовий ринок, який за економічним змістом, на нашу думку, є самостійною складовою злочинів у сфері економічної діяльності, що створює загрозу мате-

ріальним інтересам особистості, суспільства, держави і впливає на стан економічної безпеки країни.

За своєю економічною природою, підприємці-тіньовики прагнуть мінімізувати ризик, пов'язаний з протизаконною діяльністю та можливістю бути притягненими до відповідальності, що може призвести до конфіскації майна чи переходу частки ринку до рук інших тіньовиків. У тіньовому бізнесі багато угод укладаються на основі усних домовленостей, органам державної влади важко визначити обсяг тіньового бізнесу та правильно обрати засоби впливу на його учасників. Для держави неорганізований тіньовий бізнес є суттєвою перешкодою для визначення його обсягів і засобів боротьби з цим явищем. Головним критерієм злочинності вважається порушення норм і правил. Саме у сфері тіньового ринку має місце виготовлення, зберігання, придбання, перевезення, пересилання, ввезення в Україну з метою використання при продажу товарів, збуту, а також збут незаконно виготовлених, одержаних чи підроблених марок акцизного податку, голографічних захисних елементів, підробленої національної валюти України. Ключовими передумовами високого рівня тінізації національної економіки залишаються неефективний інституціональний базис регулювання підприємництва та незадовільні умови здійснення підприємницької діяльності. Ось чому сфера тіньового ринку є самостійною складовою злочинів, яка відноситься до господарських злочинів у сфері економічної діяльності та повинна знайти відтворення в окремих статтях КК України. Про це свідчить статистика. Нині, за вітчизняними та іноземними підрахунками, обсяг тіньової економіки складає в Україні від 40 до 60% ВВП, що є критичним. На жаль, динаміка не зменшується і станом на 2017 рік обсяг становить 46% від ВВП, або 1,1 трлн грн [7].

Обсяг тіньового сектору економіки України становить, як мінімум, 350 млрд грн на рік. Цей обсяг, за оцінками фіскальних органів, розподіляється таким чином: 170 млрд грн становить зарплата в «конвертах», 100 млрд — доходи власників активів (виведення безготівкових коштів у готівкову форму або на інвалютні рахунки в іноземних банках), 35 млрд — неофіційні платежі, 45 млрд грн — основні кошти, матеріальні ресурси і послуги тіньового сектору. Варто лише згадати, що згідно з останніми опублікованими офіційними урядовими даними частка тіньового сектору в 2010 році становила близько 38% офіційного ВВП, збільшившись після настання кризи більш ніж на десять відсоткових пунктів. Останні ж оцінки Світового банку були ще менш оптимістичними: за підрахунками його експертів частка неформальної економіки в Україні становила близько 50% [8].

Слід відмітити, що феномен тіньової економіки — це не тільки суто українське явище. Воно притаманне і розвинутих країнам. Результати дослідження в 110 країнах світу нещодавно представив австрійський економіст Фрідріх Шнайдер. Найбільшу тіньову сферу мають африканські країни: у середньому 42% ВВП. Недалеко від Африки відійшла Південна Америка із середньою величиною сірої сфери — 41 % ВВП (у Болівії — 67%, Панамі — 64 і Перу — 59%). В Азії менше фірм ховається від податків: у середньому — 26% ВВП. До числа лідерів входять: Таїланд — 52%, Шрі-Ланка — 44 і Філіппіни —

43%. Найменшу сіру сферу, за дослідженнями Ф. Шнайдера, мають Китай і Сінгапур (13%), а також Японія (11%) [9].

Зазначимо, що до сфери тіньового ринку віднесено виробництво спиртової промисловості України. Сьогодні тіньовий ринок реалізації спиртової та лікєро-горілочної продукції завдає великих збитків державі. Так, за оцінками експертів, до цього часу в тіньовому обігу перебуває 25—30% ринку алкоголю. Більш як третина алкогольних напоїв не відповідають вимогам щодо якості та безпеки цієї продукції, внаслідок чого щороку 10 тис. осіб помирають і 30 тис. втрачають здоров'я. Тільки в ході оперативно-профілактичної операції під кодовою назвою «Підробка» припинено діяльність 283 підпільних цехів, вилучено десятки мільйонів пляшок фальсифікату, скасовано 2400 ліцензій, закрито близько тисячі «точок» незаконної торгівлі алкогольними напоями, виведено «з тіні» понад 1 млрд грн. У цьому зв'язку було запроваджено державну монополію у сфері контролю за виробництвом та обігом спирту, алкогольних і тютюнових виробів [10].

До порушень Державною фіскальною службою (ДФС) віднесено [10]:

- незаконне виготовлення спирту на потужностях легальних спиртових заводів здійснюється з необлікованої сировини, яка закуповується у населення (пшениця, кукурудза тощо) або у цукрових заводів (меласа бурякова) за готівкові кошти. При цьому здійснюється документальне оформлення операцій щодо закупівлі сировини за значно завищеними цінами у фіктивних або пов'язаних з керівниками спиртозаводів суб'єктів господарювання;

- необлікований спирт відвантажується в обхід лічильників, шляхом врізок у заводські комунікації або навмисного виведення таких лічильників з ладу, чи може бути списаним за завищеними нормами втрат під час виробництва. Також необліковане виготовлення спирту можливе на потужностях заводів, які офіційно звітують про відсутність виробничої діяльності;

- вивезення незаконно виготовленого спирту з спиртових заводів, як правило, здійснюється у неробочий час, коли заводи офіційно не працюють та на їхніх акцизних складах відсутні представники органу ДФС. Для транспортування незаконно виготовленого спирту можуть використовуватися транспортні засоби, що спеціально обладнані прихованими ємностями.

Після обшуків на спиртових заводах держаного підприємства «Укрспирт» вилучено продукції на суму понад 180 млн грн. Усього в ході цієї операції вже вилучено такої продукції на суму понад 540 млн грн. На спиртзаводах, які не входять до складу ДП «Укрспирт», було виявлено та вилучено 1416 тонн спиртовмісної продукції.

Слід констатувати, справедливо зазначає І. О. Демків, що негативні тенденції в одній з найприбутковіших галузей економіки сформувалися через такі причини [11]: розвиток суперечливих процесів реорганізації та реструктуризації галузі й окремих підприємств; реалізація механізмів монополізації галузі, що суперечить декларованим державою процесам розвитку конкурентного середовища; принципове обмеження можливостей ринкової активності підприємств, які в результаті «хвилі централізації» та безпосереднього їх підпорядкування ДП «Укрспирт» отримали статус «місць провадження діяльності»; тривале (упродовж кількох років) затягування й обмеження, а в

окремих випадках і «консервування» процедур банкрутства низки підприємств, що призвело до нищення значної частки виробничого потенціалу, втрати господарських зв'язків і ринкових можливостей; обмежене фінансування державою процесів вертикальної інтеграції та диверсифікації; відсутність ефективних механізмів узгодження інтересів спиртових і горілчаних заводів (актуальною залишається традиційна вже проблема: чому виробництво горілчаних виробів не вигідне державним спиртовим заводам і чому в приватній власності воно є високоєфективним?); втрата потенціалу інвестиційної привабливості через перебування всіх підприємств спиртової галузі в державній власності.

Узагальнюючи, слід зазначити, що тіньовий ринок спирту й алкоголю як складова господарських злочинів у сфері економічної безпеки — це суспільно небезпечні, протиправні, винні діяння на ринку спирту й алкоголю, що завдають шкоди схваленим і охоронюваним державою суспільним відносинам у формі організованої та економічної злочинності, суб'єкти яких «співпрацюють» з органами державного управління і контролю у привласненні надвисокого «сукупного тіньового доходу».

На наш погляд, шляхом протидії тіньовому ринку спирту та лікєро-горілчаної продукції повинна стати науково обґрунтована детінізація економіки спиртової промисловості України, яка спрямована як метод дослідження на актуалізацію напрямів з тіньової політикою, корупцією та господарськими злочинами.

Детінізація економіки — це цілісна система дій, спрямована передусім на подолання та викорінення причин і передумов тіньових явищ та процесів [12]. Стратегічною метою детінізації економіки має стати істотне зниження рівня тінізації шляхом створення сприятливих умов для залучення тіньових капіталів у легальну економіку та примноження національного багатства.

Враховуючи загальні наукові підходи, детінізація економіки спиртової промисловості України повинна відтворювати шляхи протидії тіньовому ринку спирту та лікєро-горілчаної продукції, до яких можна віднести:

- запровадження механізму поступового зниження надвисокого рівня централізації управління спиртової промисловості України шляхом акціонування підприємств ДП «Укрспирт», що сприятиме підвищенню рівня економічної свободи підприємств, конкурентоспроможності їх продукції, інвестиційної привабливості та підвищення ефективності використання державного майна, зміцненню державного контролю з позиції антимонопольних заходів, змагальності при здійсненні корпоратизації за участю виробничих колективів самих підприємств, перехід до ринкової самостійності та відповідальності підприємств, закріплення кадрів і впровадження ефективного маркетингу та менеджменту. Така державна політика детінізації дасть змогу відійти від спонтанної неефективної та корупційної приватизації державного майна у спиртовій галузі до регульованої державою корпоратизації державної власності, що створює умови для продажу незбиткових для знищення (штучно збанкрутілих) підприємств, викупу привабливих акцій за бізнес-програмою під контролем Фонду державного майна України;

- у короткий термін впровадити державну інноваційну політику формування інноваційного середовища шляхом створення техніко-технологічного парку, як провідника технічно-технологічної та наукової політики розвитку спиртової промисловості щодо виробничого впровадження наукоємних розробок, високих технологій і забезпечення промислового випуску конкурентоспроможної на світовому ринку продукції. Формування інноваційного середовища на основі спеціалізованої технологічної структури дасть змогу створити незалежну бізнесову структуру, яка буде спрямована на спільну діяльність за рівних умов кожного учасника віддачею залученого ними майна та інтелектуальних зусиль. З урахуванням нових потреб ринку здійснювати проведення поетапної реструктуризації неефективних підприємств, використання незадіяних потужностей і суттєвого розширення асортименту продукції в спиртовій промисловості, що сприятиме здійсненню реальної трансформації галузі з моно- в мультипродуктову за рахунок перепрофілювання надлишкових потужностей спиртових заводів на виробництво біопалива, продукції технологічного призначення, організацію виробництва біогазу та кормопродуктів із використанням відходів спиртового виробництва як вторинних сировинних ресурсів і подальшої спеціалізації діяльності спиртових заводів за новими напрямками виробництва;

- посилення державного та прямого громадського контролю за якістю продукції спиртової промисловості, боротьби з тіньовим оборотом харчового спирту та нелегальної алкогольної продукції шляхом введення електронних акцизних марок, проведення аудиту та спецоперацій з протидії тіньовому ринку спирту й алкоголю.

Наведені шляхи детінізації ринку спирту й алкоголю не є вичерпаними, але вони охоплюють, з одного боку, заходи нагальної потреби протидії тіньовому ринку, який склався сьогодні, а з іншого — потребу активізації наукових досліджень на цьому напрямку.

Висновки

За результатами наукового обґрунтування протидії тіньовому ринку спирту і алкоголю, як самостійної складової господарських злочинів, підсумуємо:

1. До основних визначень категорії «економічна безпека» та її складових слід віднести протидію тіньовий економіці або протидію тіньовому ринку, які є самостійною складовою господарських злочинів у сфері економічної діяльності та знайти відтворення в окремих статтях КК України, враховуючи суттєві загрози матеріальним інтересам особистості, суспільства, держави, що також впливає на стан економічної безпеки країни.

2. В Україні процес формування тіньової економіки має свої особливості, які зумовлені несприятливим інституційним середовищем ведення бізнесу, низьким рівнем індексу економічної свободи та зростанням тінізації в підприємницькій діяльності, неефективності функціонування судової та правоохоронної системи, високим рівнем злочинності тощо.

3. Тіньовий ринок спирту й алкоголю, як складова господарських злочинів в сфері економічної безпеки, — це суспільно небезпечні, протиправні, винні діяння на ринку спирту й алкоголю, які завдають шкоди схваленим і охоро-

нюваним державою суспільним відносинам у формі організованої та економічної злочинності, суб'єкти яких «співпрацюють» з органами державного управління і контролю у привласненні надвисокого «сукупного тіньового доходу».

4. Протидії тіньовому ринку спирту та лікєро-горілочаної продукції повинна стати науково обґрунтована детінізація економіки спиртової промисловості України, спрямована як метод дослідження на актуалізацію напрямів боротьби з тіньовою політикою, корупцією та господарськими злочинами.

Література

1. Тіньова економіка в Україні: стан, тенденції, шляхи подолання: аналіт огляд / упоряд.: С. С.Чернявський, В. А. Некрасов, А. В.Титко та ін. Київ: Нац. акад. внутр. справ, 2017. 152 с.

2. Резнік О. М. Порівняльний аналіз сутності економічної безпеки України та країн Єврейського Союзу. Форум права. 2015. № 4. С. 232-236. UNR: www.irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis_64.exe.

3. Економічна безпека: навчальний посібник / за ред. З. С. Варналія. Київ. Знання, 2009. 647 с.

4. Пастернак-Таранушенко Г. А. Економічна безпека держави. Методологія забезпечення: монографія. Київ: Київський економічний інститут менеджменту, 2003. 320 с

5. Третяк В. В., Гордієнко Т. М. Економічна безпека: сутність та умови формування. Економічна наука. Економіка та держава. № 1/2010. UNR: http://www.economy.in.ua/pdf/1_2010/3.pdf.

6. Гбур З. Структурні економічної безпеки та їх вплив на економічну безпеку України в умовах євроінтеграції. Ефективність державного управління, 2017. Вип. 3 (52). Ч. 2. С. 251—257. UNR: www.lvivacademy.com/vidavnitstvo/1/edu/52/fail/28.pdf.

7. Шевчук І. В. Тіньова економіка як загроза безпеці України в економічній сфері. Державне управління: удосконалення та розвиток. № 12, 2016. UNR: <http://www.dy-nauka.com.ua/?op=1&z=1176>.

8. Матвійчук К. А. Недосконалість податкової системи як фактор тінізації економіки України. URL:[http://ir.kneu.edu.ua:8080/bitstream/2010/4251/1/ekon_pidpnyem_29_12_\(258-265\).pdf](http://ir.kneu.edu.ua:8080/bitstream/2010/4251/1/ekon_pidpnyem_29_12_(258-265).pdf).

9. Тіньова економіка — основне підґрунтя економічної злочинності в Україні / Невмержицький Є.В. UNR: <http://radnuk.info/pidrychnuku/kruminologiuua/458-nevmersh-7566-3----.html>.

10. Результати обшуків на спиртових заводах ДП «Укрспирт». 25.07.2017 — Пресслужба Державної фіскальної служби України. URL: <http://sfs.gov.ua/media-tsentr/novini/-304444.html>.

11. Демків І. О. Тенденції розвитку спиртової галузі України: можливості і межі гнучкості суб'єктів господарювання. Економічний аналіз: зб. наук. праць. Тернопільський національний економічний університет; редкол.: В. А. Дерій (голов. ред.) та ін. Тернопіль: Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2014. Том 17. № 2. С. 18—23. UNR: http://nbuv.gov.ua/UJRN-esap_2014_17%282%29_5

12. Варналій З. С., ЖивкоЗ. Б. Детінізація економіки як чинник розвитку підприємництва. *Стратегічні пріоритети*, 2013. № 4. С. 29—37.

ECONOMIC EFFICIENCY OF PRODUCTION SEMI-FINISHED GOODS "STUFFING WITH POULTRY MEAT AND VEGETABLE HYDROBIONTS"

N. Hirenko, D. Kramarenko

Luhansk Taras Shevchenko National University

Key words:

*Competitiveness
Economic efficiency
Food industry
Semi-finished goods
Hydrobionts
Profitability*

Article history:

Received 05.07.2019
Received in revised form
29.07.2019
Accepted 16.08.2019

Corresponding author:

N. Hirenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper shows the essence of the economic efficiency of manufacturing and sale of the semi-finished product "Stuffing with poultry meat and vegetable hydrobionts". The purpose of the paper is the economic substantiation of the manufacturing feasibility in framework of economic enterprises of the semi-finished product "Stuffing with poultry meat and vegetable hydrobionts". It has been estimated the expected profitability of sales of these products with the aim to assess the economic efficiency of "Stuffing with poultry meat and vegetable hydrobionts" manufacturing. The calculations of the manufacturing prime cost of the one unit of new product were made according to the expenditures established by the nomenclature. The paper has a number of formulas which allow to determine the change of the sales volume of products due to the increase in quality and profit from sales. The calculations of the fixed and variable costs for the production of 1 ton of semi-finished product were made. The calculation methods of sales profitability levels were represented. It has been estimated the cost of manufacturing and the selling price of the semi-finished product "Stuffing with poultry meat and vegetable hydrobionts".

Analyzing the realized calculations of the economic efficiency of semi-finished products manufacturing for the second dishes, we can conclude that the new products production is cost-effectively. This is evidenced by the calculated level of profitability, which is higher than the average level existed on the market on 5% (the calculated level of profitability is 25%, and the average level of profitability at the market is 20%), which allows the enterprise not only to strengthen its position, but also to increase the profitability even in comparison with the planned performance indicators.

The data received as a result of the calculations suggest that the new product — the semi-finished product "Stuffing with poultry meat and vegetable hydrobionts" — will have a market demand, due to both its quality properties and the economic effect of product sales.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТУ «ФАРШ З М'ЯСОМ ПТИЦІ ТА РОСЛИННИМИ ГІДРОБІОНТАМИ»

Н. І. Гіренко, Д. П. Крамаренко

Луганський національний університет імені Тараса Шевченка

У статті показана сутність економічної ефективності виробництва і реалізації напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами». Економічно обґрунтовано доцільність виробництва в рамках господарських підприємств напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами». Для оцінки економічної ефективності виробництва фаршу з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами розраховано прогнозу рентабельність реалізації продукції. Проведено розрахунок собівартості виробництва одиниці нової продукції за встановленими номенклатурою статтями витрат. Наводиться ряд формул, що дають змогу визначити зміну обсягу реалізації продукції за рахунок збільшення якості, прибуток від реалізації продукції. Проведено розрахунок постійних і змінних витрат на виробництво 1 тонни напівфабрикату. Розроблено методику розрахунків рівнів рентабельності реалізованої продукції. Розраховано собівартість виробництва і відпускну ціну напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами».

Аналізуючи проведені розрахунки економічної ефективності виробництва напівфабрикату для других страв, можна зробити висновок, що виробництво нової продукції є економічно ефективним. Про це свідчить розрахований рівень рентабельності, який вищий за середній рівень, що склався на ринку, на 5% (розрахований рівень рентабельності дорівнює 25%, а середній рівень рентабельності на ринку — 20%), що дає змогу підприємству не тільки зміцнити свої позиції, але й підвищити прибутковість, навіть якщо порівняти із запланованими показниками ефективності.

Дані, отримані в результаті розрахунків, підтверджують, що нова продукція — напівфабрикат «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами» — матиме попит на ринку завдяки своїм якісним властивостям та наявності економічного ефекту від реалізації продукції.

Ключові слова: конкурентоспроможність, економічна ефективність, харчова промисловість, напівфабрикат, рентабельність.

Постановка проблеми. Забезпечення раціонального використання функціональних компонентів, а також розширення асортименту та забезпечення високої якості продукції масового та функціонального призначення є перспективним напрямом в індустрії харчування. Створення фаршевих напівфабрикатів з використанням продуктів переробки гідробіонтів є одним із перспективних шляхів реалізації цього напрямку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оцінки конкурентоспроможності та економічної ефективності від реалізації продукції дослі-

джували такі вітчизняні вчені, як Н. С. Краснокутська, Й. М. Петрович, А. В. Череп, С. В. Мочерний, Л. Г. Мельник, О. Л. Корінцева, Б. О. Жнякін, В. В. Краснова та ін. [1—4].

Метою статті є економічне обґрунтування доцільності виробництва в рамках підприємств харчової промисловості напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами».

Викладення основних результатів дослідження. Для випуску продукції на ринок важливим є обов'язкове проведення оцінки конкурентоспроможності товару. Це необхідно при обґрунтуванні рішень під час: аналізу та вивчення ринку; оцінки перспектив продажу та закупівлі окремих видів товарів (як внутрішніх, так і зовнішніх); установлення та коригування цін на нові та існуючі види товарів, що надходять на ринок; контролю якості товарів, їх модернізації; формування асортименту товарів, їх рекламування, доцільності їх виробництва, проектування тощо [5].

Конкурентоспроможність продукції споживач оцінює з точки зору своїх потреб і повноти їх задоволення. Володіючи обмеженими можливостями (не тільки фінансовими, оскільки сам процес споживання обумовлений певною «технологією», а отже, «продуктивністю»), споживач прагне максимізувати ступінь своєї загальної задоволеності [6].

Визначення економічної ефективності виробництва та реалізації продукції та рівня конкурентоспроможності підприємства має велике значення для його активної діяльності і розвитку. Саме економічна ефективність служить матеріальною базою розв'язання соціальних проблем, їх матеріально-фінансового забезпечення [7].

Оцінку економічної ефективності виробництва та реалізації продукції масового та функціонального призначення необхідно проводити на основі певного методу, за допомогою якого можна здійснити реальні розрахунки.

Оцінку ефективності інноваційних розробок продуктів харчування розраховуємо за авторською методикою науковців Харківського державного університету харчових технологій [8]. Для визначення економічної ефективності виробництва фаршевого напівфабрикату потрібно розрахувати прогнозну рентабельність реалізації продукції та порівняти її із середніми аналогічними показниками.

На першому етапі було проведено розрахунок собівартості виробництва одиниці нової продукції за встановленими номенклатурою статтями витрат.

Стаття 1. Вартість сировини і матеріалів. До складу статті включається вартість сировини та матеріалів, що входять згідно з розробленою рецептурою до складу кінцевої продукції, та величина транспортно-заготовчих витрат. Вартість сировини, матеріалів, куплених товарів включається в статтю за ціною придбання без податку на додану вартість. Розрахунок вартості сировини наведено в табл. 1.

Стаття 2. Зворотні відходи. Ця стаття витрат складає 1% від вартості сировини і матеріалів:

$$40908,5 \cdot 0,01 = 409,09.$$

Усього за статтею 2: 409,09 (грн).

Стаття 3. Пальне та енергія на технологічні цілі. До цієї статті включається вартість різних видів палива і енергії, що купуються на стороні,

необхідних для технологічних, енергетичних та інших потреб підприємства, для виробництва продукції, виходячи з потужності і часу роботи устаткування.

Сукупні питомі енерговитрати на виробництво 1 тонни напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами» склали 284 грн.

Усього за статтею 3: 284 (грн).

Таблиця 1. Розрахунок вартості сировини та матеріалів для виробництва напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами» (на 1000 кг готового продукту)

Найменування сировини та матеріалів	Норма витрат, кг на 1 т готової продукції	Купівельна вартість 1 кг, грн	Витрати на купівлю всього, грн
М'ясо куряче	400,0	62,0	24800,0
Квасоля (для вдварювання)	170,0	25,0	4250,0
Яйце куряче або меланж	50,0	26,0	1300,0
Цибуля ріпчаста	60,0	10,0	600,0
Олія соняшникова	51,1	23,0	1176,5
Жир свинячий	26,3	18,0	474,3
Дистильовані моногліцериди жирних кислот (Е 471)	2,5	69,0	172,5
Гідролізат колагену з риби	2,0	1160,0	2320,0
Перець чорний мелений	1,5	160,0	240,0
Зелень	15,0	20,0	300,0
Порошок ламінарії	15,0	220,0	3300,0
Сіль кухонна	8,5	3,2	27,2
Усього вартість сировини і матеріалів			38960,5
Транспортно-заготівельні витрати 5% від вартості сировини і матеріалів			1948,0
Усього (з урахуванням транспортно-заготівельних витрат)			40908,5

Стаття 4. Основна заробітна плата. Витрати праці на виробництво 1 тонни напівфабрикату 35 люд./год, при цьому погодинна оплата складає 19,34 грн/год. Визначимо витрати за цією статтею на основі формули (1):

$$V_{\text{осн}} = T_{\text{пл}} \cdot Ч_{\text{ср}}, \quad (1)$$

де $V_{\text{осн}}$ — витрати на виплату основної заробітної плати, яка включається в собівартість продукції, грн; $T_{\text{пл}}$ — планова трудомісткість 1000 кг продукції, люд./год; $Ч_{\text{ср}}$ — середня годинна тарифна ставка, грн/год (розраховується на основі законодавчо встановленого мінімального розміру (19,34 грн/год)).

$$V_{\text{осн}} = 35 \cdot 19,34 = 676,9.$$

Усього за статтею 4: 676,9 (грн).

Стаття 5. Додаткова заробітна плата. Розмір додаткової заробітної платні визначимо як 30% від основної:

$$676,9 \cdot 0,3 = 203,7.$$

Усього за статтею 5: 203,7 (грн).

Стаття 6. Відрахування на соціальне страхування. Відрахування на ці витрати згідно з чинним законодавством складають 22% від фонду оплати праці працівників виробництва:

$$(676,9 + 203,7) \cdot 0,22 = 193,7.$$

Усього за статтею 6: 193,7 (грн).

Стаття 7. Витрати, пов'язані з підготуванням і освоєнням виробництва.
До цих витрат відносять:

- витрати на освоєння нових видів продукції в період їхнього освоєння;
- витрати на освоєння нових виробництв, інші витрати.

Ці витрати слід прийняти у розмірі 0,35% від вартості сировини і матеріалів:

$$40908,5 \cdot 0,0035 = 143,1.$$

Усього за статті 7: 143,1 (грн).

Стаття 8. Відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристосувань цільового призначення і інші спеціальні витрати.

Розмір витрат визначений як 0,5% від вартості машин і обладнання. Вартість обладнання визначається за ринковою вартістю на момент розрахунків складає — 100 тис грн:

$$100000 \cdot 0,005 = 500.$$

Усього за статтею 8: 500 (грн).

Стаття 9. Витрати на експлуатацію та утримання обладнання.

Стаття комплексна і включає такі елементи:

- витрати на повне відновлення основних виробничих фондів і капітального ремонту у вигляді амортизаційних відрахувань від вартості виробничого і підйомно-транспортного обладнання, на реконструкцію, модернізацію і капітальний ремонт основних фондів, що належать підприємству, а також використовуваних на правах оренди (лізингу), розраховані на основі їх балансової вартості і встановлених норм;

- витрати на проведення поточного ремонту, технічного обслуговування обладнання;

- інші витрати, пов'язані з експлуатацією та утриманням обладнання.

Витрати по наведеним напрямам визначаємо відносно до вартості машин і устаткування (0,5%):

$$100000 \cdot 0,005 = 500 \text{ (грн).}$$

Витрати на покриття зносу малоцінних предметів, що швидко зношуються, визначимо відносно до вартості сировини і матеріалів (0,5%):

$$40908,5 \cdot 0,005 = 204,55 \text{ (грн).}$$

Усього за статтею 9: 204,55 (грн).

Стаття 10. Загальновиробничі витрати.

До цієї статті відносять:

- витрати на оплату праці (основну і додаткову) допоміжного персоналу;

- відрахування на соціальне страхування від заробітної плати допоміжного персоналу;

- амортизаційні відрахування на повне оновлення і капремонт будівель, споруд, які належать підприємству, а також використовуваних на правах оренди (лізингу), розраховані на основі їхньої балансової вартості та встановлених норм амортизації;

- витрати на поточний ремонт будівель, споруд;

- інші витрати.

Розмір витрат по цій статті визначити як 130% від витрат на оплату праці виробничих робітників:

$$(676,9 + 210) \cdot 1,3 = 1153.$$

Усього за статтею 10: 1153 (грн).

Стаття 11. Загальногосподарські витрати. Витрати за цією статтею складають 160% від витрат на оплату праці виробничих робітників:

$$(676,9 + 210) \cdot 1,6 = 1419.$$

Усього за статтею 11: 1419 (грн).

Стаття 12. Витрати внаслідок технічно неминучого браку. До статті включаються вартість продукції, остаточно забракованої з технологічної причини. Її величина визначається у відсотках до вартості сировини і матеріалів — для нової продукції вона складає 0,5%:

$$40908,5 \cdot 0,005 = 204,55 \text{ (грн)}.$$

Усього за статтею 12: 204,55 (грн).

Стаття 13. Супутня продукція не передбачається.

Стаття 14. Інші виробничі витрати. Стаття включає витрати, пов'язані з організацією й обслуговуванням виробництва і не віднесені ні до однієї з вказаних статей витрат. Її величина по новій продукції відповідає величині по товарах-аналогах і складає 65 грн.

Усього за статтею 14: 65 (грн).

Стаття 15. Позавиробничі (комерційні) витрати.

Ця стаття містить витрати на пакування, передпродажну підготовку і навантажувально-розвантажувальні роботи, рекламу та інші витрати по збуту продукції, величина яких визначається у відсотках до виробничої собівартості (5%).

Плановий рівень прибутку підприємства-виробника визначаємо як середньогалузевий (20%). Підсумки розрахунків собівартості виробництва і відпускної ціни напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами» наведено табл. 2.

Фарші знаходять широке використання при виробництві різних видів напівфабрикатів, у тому числі заморожених, та широкого асортименту таких виробів, як вареники, пельмені, пироги, пиріжки тощо. Найчастіше фарші можуть бути використані у складі декількох страв, а готові фаршеві страви призначені до вживання широким верствами населення.

Таблиця 2. Розрахунок собівартості виробництва і відпускної ціни напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами»

Найменування статей витрат	Сума, грн
1	2
1. Сировина і матеріали	40908,5
2. Зворотні витрати	409,0
3. Пальне і енергія на технологічні цілі	284,0
4. Основна заробітна плата	676,9
5. Додаткова заробітна плата	203,7
6. Відрахування на соціальне страхування	193,7

Продовження табл. 2

1	2
7. Витрати на підготовку і освоєння нової продукції	143,1
8. Відшкодування зносу та інші спеціальні витрати	500,0
9. Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	204,5
10. Загальновиробничі витрати	1153,0
11. Загальногосподарські витрати	1419,0
12. Витрати внаслідок технічно неминучого браку	204,5
13. Супутня продукція	—
14. Інші виробничі витрати	65,0
15. Виробнича собівартість	46365,3
16. Поза виробничі (комерційні) витрати	2318,2
17. Повна собівартість	48683,5
18. Прибуток підприємства	9736,7
19. ПДВ	11684,0
20. Відпускна ціна	70104,3
21. Відпускна ціна 1кг продукції	70,1

Усе це дає змогу стверджувати, що нова продукція — напівфабрикат «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами» — матиме попит на ринку завдяки як своїм смаковим характеристикам, так і якісним властивостям.

Отже, попит на товар підвищується внаслідок його еластичності за якістю. Еластичність попиту за якістю на продукти харчування достатньо велика. Коефіцієнт еластичності попиту на фаршевий напівфабрикат залежно від якісних характеристик (K_e), за оцінками фахівців, складає не менше 1,2, а поліпшення якісних характеристик продукції сприймається споживачем як зниження ціни не менше, ніж на 20%.

Визначимо зміну обсягу реалізації продукції за рахунок збільшення якості (формула (2)):

$$\Delta P_{\text{я}} = \left(\left(\frac{Ц_1}{Ц_0} \cdot 100 - 100 \right) \right) \cdot K_e ; \quad (2)$$

$$\Delta P_{\text{я}} = \left(\left(\frac{90}{100} \cdot 100 - 100 \right) \right) \cdot 1,2 = 12\%.$$

Визначимо загальний плановий обсяг продажів (P) за формулою (3):

$$P = ОП \cdot Ц \cdot K_{\text{зм}}, \quad (3)$$

де ОП — обсяг продажів у натуральному вимірюванні, тонн; Ц — ціна за 1 кг товару, грн; $K_{\text{зм}}$ — коефіцієнт зміни обсягу реалізації.

$$1000 \cdot 70,1 \cdot 1,2 = 84132 \text{ грн.}$$

Розрахуємо прибуток від реалізації продукції (П) за формулою (4):

$$П = P - \text{ПДВ} - (В_{\text{пост}} + В_{\text{зм}}), \quad (4)$$

де ПДВ — податок на додану вартість; $В_{\text{пост}}$ — постійні витрати при обсягу продажу P; $В_{\text{зм}}$ — змінні витрати при обсягу продажу P.

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ І МАРКЕТИНГ

Розрахунок постійних і змінних витрат на виробництво 1 тонни напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами» надано в табл. 3.

Таблиця 3. Розрахунок постійних і змінних витрат на виробництво 1 тонни напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами»

Найменування статей витрат	Сума, грн
<i>Умовно-змінні витрати</i>	
1. Сировина і матеріали	40908,5
2. Зворотні витрати	409,0
3. Пальне і енергія на технологічні цілі	284,0
4. Основна заробітна плата	676,9
5. Додаткова заробітна плата	203,7
6. Відрахування на соціальне страхування	193,7
9. Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	204,5
11. Загальногосподарські витрати	29,8
12. Витрати внаслідок технічно неминучого браку	204,5
13. Супутня продукція	–
16. Позавиробничі (комерційні) витрати	2318,2
Усього	45433,2
<i>Умовно-постійні витрати</i>	
7. Витрати на підготовку і освоєння нової продукції	143,1
8. Відшкодування зносу та інші спеціальні витрати	500,0
9. Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	204,5
10. Загальногосподарські витрати	1153,0
11. Загальногосподарські витрати	1389,2
14. Інші виробничі витрати	65,0
Усього	3454,9
<i>Повна собівартість</i>	
	48888,1

Змінні витрати змінюються прямопропорційно зміні обсягу виробництва в короткостроковому періоді, їх розрахунок проводять за формулою (5):

$$V_{зм} = V_{зм} \cdot \frac{P}{P_0}; \quad (5)$$

$$V_{зм} = 45433,2 \cdot \frac{84132}{70110} = 54519,9 \text{ (грн).}$$

Тоді прибуток складає:

$$\Pi = 84132 - 11684,07 - (54519,9 + 3454,9) = 14473,13 \text{ (грн).}$$

Зокрема в розрахунку на 1 тонну — $14473,13:1,2 = 12061$ (грн).

Тоді рентабельність продукції складе (формула (6)):

$$РП = \frac{\Pi}{СС} \cdot 100; \quad (6)$$

$$РП = \frac{12061}{48888,1} \cdot 100 = 25\%$$

Узагальнені показники ефективності виробництва напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами» наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Показники ефективності виробництва напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами»

Показник	Одиниця виміру	Сума, грн
1. Ціна за 1 кг	грн	70,1
2. Розрахунковий обсяг реалізації	кг	1000,0
3. Собівартість	грн	48888,1
4. Прогнозний прибуток підприємства-виробника:		
у сумі:	грн	12061,0
у % до собівартості	%	25
5. Середньогалузевий рівень рентабельності виробництва	%	20
6. Приріст прибутку підприємства-виробника при виробництві напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами» (у розрахунку на випуск 1 тонни продукції)	грн	2444,4
7. Приріст рентабельності підприємства-виробника при виробництві напівфабрикату замороженого «Борщова заправка» (у % до середньогалузевої)	%	5

Висновки

Аналізуючи всі розрахунки, можна зробити висновок, що виробництво нової продукції — напівфабрикату «Фарш з м'ясом птиці та рослинними гідробіонтами», є економічно ефективним. Про економічну ефективність свідчить розрахований рівень рентабельності, який вищий за середній рівень, що склався на ринку на 5%. Це дає змогу підприємству не тільки зміцнити свої позиції на ринку, але й підвищити прибутковість, навіть порівняно із запланованими показниками ефективності.

Підсумовуючи результати дослідження, можна зробити висновок, що запропонована продукція є конкурентоспроможною та буде користуватися попитом у населення.

Література

1. Краснокутська Н. С., Алтухова І. О. Сучасні підходи до визначення сутності ефективності діяльності підприємств. *Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг*. Харків, 2006. Вип. 3. С. 182—189.
2. Мочерний С. В., Устенко О. А., Чеботар С. І. Основи підприємницької діяльності: навч. посіб. Київ : Академія, 2005. 280 с.
3. Мельник Л. Г., Корінцева О. Л. Економіка підприємства: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2004. 416 с.
4. Жнякін Б. О., Краснова В. В. Економіка підприємства: навч. посіб. Донецьк: Альфа-прес, 2005. 160с.
5. Лифиц И. М. Формирование и оценка конкурентоспособности товаров и услуг: учеб. пособие. Москва: Юрайт-издат, 2004. 335 с.
6. Бурачек І. В., Біленчук О. О. Конкурентоспроможність продукції підприємств: сутність, методи оцінки та зарубіжний досвід управління. *Глобальні та національні проблеми економіки*. Миколаїв, 2016. №14. С. 288-293.
7. Економіка підприємств: підручник / Й. М. Петрович та ін. 2-ге вид. Львів: Магнолія, 2008. 394с.
8. Чорна М. В., Глухова С. В. Оцінка ефективності інноваційної діяльності підприємств: монографія. Харків: ХДУХТ, 2012. 210 с.

УДК 621.311

ANALYSIS OF TRENDS OF THE CONSUMPTION OF
ENERGY RESOURCES IN FOOD INDUSTRY
IN UKRAINE

Y. Onyshchenko, A. Zamulko

National University of Food Technologies

Key words:

*Energy consumption
Development
Food industry
Trend of modernization*

Article history:

Received 03.07.2019
Received in revised form
19.07.2019
Accepted 13.08.2019

Corresponding author:

Y. Onyshchenko

E-mail:

yaroslav_onyshchenko
@ukr.net

ABSTRACT

The paper deals with the development and modern functioning of the food industry of Ukraine in the XXI century. The analysis of economic and energy indicators of the industry is carried out according to the information of the State Statistics Service of Ukraine and scientific papers of other experts. A comparative analysis of the functional indicators of the industry at different stages of its development has been performed. The indices of consumption of fuel and energy resources by the enterprises of the branch have been determined.

The analysis of indicators describing the activity of food industry of Ukraine during 2010—2017 has been carried out, the level of consumption of energy resources by the enterprises of the industry and the heterogeneity of their consumption have been estimated. The need for further, detailed analysis of energy consumption indicators, for the increase of their efficiency and reduction of unit costs per unit of production has been substantiated.

The development of food industry in Ukraine has recently been characterized by a sharp decline in the technological level of production, by the tooling of labor, by the reduction of volumes and range of products, the deterioration of its quality, the decay of investment and innovation processes, the displacement of domestic food products from the internal and external markets of food products, decreasing the volume of income to budget and currency revenues from the country's export operations, etc. Nowadays a significant proportion, 20—30%, of the value of the final product, is the cost of fuel and energy resources that were spent on the production unit.

Despite the fact that most companies in their practice have already taken certain steps towards energy efficiency, carried out energy audits and implemented a number of measures to increase energy efficiency, this does not have a significant effect due to their fragmentary and non-systematic nature. This requires the creation of new effective approaches to the analysis and evaluation of objects that don't have corresponding values of electricity consumption against the background of similar objects of the food industry.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-4-12

АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ХАРЧОВОЮ ПРОМИСЛОВІСТЮ УКРАЇНИ

Я. Д. Онищенко, А. І. Замулко

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто розвиток та сучасне функціонування харчової промисловості України в XXI столітті. Проведено аналіз економічних та енергетичних показників діяльності галузі за інформацією Державної служби статистики України та наукових статей експертів. Виконано порівняльний аналіз функціональних показників галузі на різних етапах її розвитку. Визначено показники споживання паливно-енергетичних ресурсів підприємствами галузі.

Здійснено аналіз показників, які характеризують діяльність харчової промисловості України за 2010—2017 рр., оцінено рівень споживання енергетичних ресурсів підприємствами галузі та неоднорідність їх споживання. Обґрунтовано потребу в подальшому детальному аналізі показників споживання енергії для підвищення ефективності їх роботи та зниженні питомих витрат на одиницю продукції.

З'ясовано, що останнім часом розвиток харчової промисловості в Україні характеризується різким зниженням технологічного рівня виробництва, спрацюванням знарядь праці, скороченням обсягів і асортименту продукції, погіршенням її якості, затуханням інвестиційного та інноваційного процесів, витісненням вітчизняних харчових продуктів з внутрішнього й зовнішнього ринків продовольчих товарів, зменшенням обсягів надходження до бюджету та валютних надходжень у країну від експортних операцій галузі тощо. Так, нині 20—30% від вартості кінцевого продукту становить вартість паливно-енергетичних ресурсів, які були витрачені на виготовлення одиниці продукції.

Незважаючи на те, що більшість підприємств у своїй практиці вже роблять певні кроки на шляху до енергоефективності, проводять енергетичний аудит та впроваджують ряд заходів задля підвищення рівня енергоефективності, значного ефекту це не дає через їх фрагментарний і несистемний характер. Це потребує створення нових ефективних підходів до аналізу й оцінювання об'єктів, які мають невідповідні значення споживання електричної енергії на фоні аналогічних об'єктів харчової промисловості.

Ключові слова: *енергоспоживання, розвиток, харчова промисловість, тенденції модернізації.*

Постановка проблеми. Харчова промисловість є провідною галуззю в економіці України. Водночас харчові підприємства України ще значно поступаються зарубіжним компаніям в енергоозброєності та ресурсному забезпеченні. Існує потреба додаткового опрацювання та наближення показників енергоспоживання галузі до зарубіжних підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми розвитку харчової промисловості України, енергоефективного виробництва продуктів харчування, розробки механізмів ефективного підвищення роботи обладнання галузі та методів оптимізації виробництва досліджували такі вчені: А. О. Заїнчков-

ський, Д. Ф. Крисанов, В. В. Прядко, Л. В. Старшинська, О. М. Ковалюк, О. В. Косинська, О. Є. Пилипенко, Л. В. Дейнеко, П. П. Борщевський, Л. О. Пашнюк, П. В. Осіпов, Б. Й. Пасхавер та інші. Незважаючи на наявність науково-методичних розробок у сфері енергозбереження, актуальними залишаються питання пошуку резервів енергозбереження на підприємствах харчової промисловості України в цілому та окремих регіонів. Важливим є аналіз потенціалу енергозбереження та перспективних заходів, які спрямовано на мінімізацію витрат різних енергетичних ресурсів промислових підприємств.

Метою статті є аналіз тенденцій споживання енергетичних ресурсів підприємствами харчової промисловості України та визначення шляхів підвищення енергоефективності підприємств галузі.

Методи, застосовані в процесі дослідження. Застосовано системний підхід і методології економічного, статистичного та економіко-математичного аналізу для вивчення тенденцій, динаміки макроекономічних показників харчової промисловості України.

Викладення основних результатів дослідження. Харчова промисловість об'єднує близько 40 галузей, які виробляють продукти харчування, а також мило, тютюнові вироби. В основному підприємства галузі переробляють сільськогосподарську сировину. Також вони видобувають кухонну сіль, мінеральні води. Основними галузями, що використовують продукцію рослинництва в Україні, є цукрова, олійна, плодоовочева, борошномельна. Тваринницьку сировину переробляють м'ясна та молочна галузі промисловості. Важливе значення має рибна промисловість.

Встановлено, що ефективна, високопродуктивна, динамічно зростаюча харчова промисловість є пріоритетом у забезпеченні економічної безпеки держави і досягненні високої національної конкурентоспроможності [1, с. 71].

Під розвитком галузі слід розуміти сукупність кількісних та якісних змін, що передбачають перехід від одного якісного стану до іншого в умовах різноспрямованого впливу факторів внутрішнього і зовнішнього середовища.

Індекс виробництва — відносний показник, що характеризує зміну маси вироблених матеріальних благ у поточному періоді порівняно з базисним.

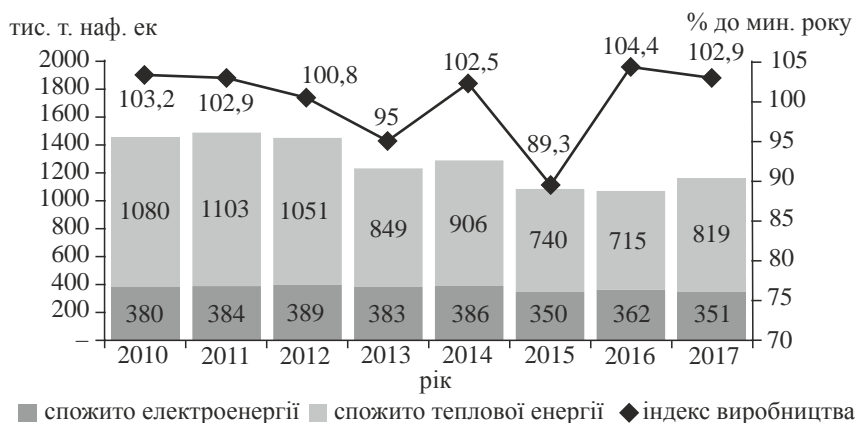


Рис. 1. Залежність індексу виробництва від витрат електричної і теплової енергії у 2010—2017 рр.

Незважаючи на підвищення обсягів виробництва та збільшення прибутку, починається спад споживання паливно-енергетичних ресурсів, зокрема теплової та електричної енергії. Як бачимо з графіка (рис. 1), енергоспоживання підприємств до 2013 року відповідало графіку індексу виробництва, проте згодом відбулося стрімке зростання виробництва з провалом у 2015 році. Провал пов'язаний з конфліктом на сході України. В цей же час показники використання енергетичних ресурсів залишаються майже незмінними.

Оскільки багато споживачів мають низьку платоспроможність, виробники змушені шукати можливі варіанти зменшення ціни на свій товар. А якщо звернути увагу на те, що значна частка (20—30%) вартості кінцевого продукту — це вартість паливно-енергетичних ресурсів, які були витрачені на виготовлення одиниці продукції, то виробники безперечно намагатимуться зменшити цей показник, зменшуючи таким чином вартість кінцевого продукту.

Зважаючи на це, більшість підприємств у своїй практиці вже роблять певні кроки на шляху до енергоефективності, проводять енергетичний аудит і впроваджують ряд заходів задля підвищення рівня енергоефективності. Значного ефекту це не дає, оскільки заходи мають фрагментарний і несистемний характер.

Крім того, ефективність використання енергії значно відрізняється від процесу до процесу та по всьому сектору харчових продуктів і напоїв, незважаючи на великий об'єм інформації та значні кошти, вкладені у вдосконалення конструкції та експлуатацію переробних підприємств. За результатами аналізу розподілу енергії за сімома основними підгалузями харчової промисловості сформована усереднена модель споживання (рис. 2).

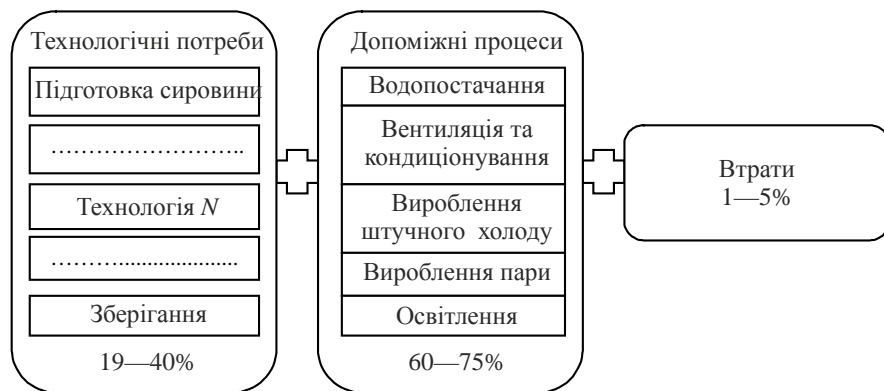


Рис. 2. Структурна модель споживання паливно-енергетичних ресурсів на підприємствах харчової промисловості

Ефективність може бути обмежена технологією процесу, механічним, хімічними або іншими фізичними параметри, віком і дизайном обладнання, яке використовується в процесі. У деяких випадках практика експлуатації та використання допомагає знизити оптимальну ефективність. Через масштабність індустрії харчових продуктів та напоїв і важливість цього сектору в багатьох країнах зрозуміло, що підвищення ефективності споживання енергії і таким чином зменшення споживання енергії (і відповідних викидів) може

привести до істотних економічних та соціальних вигод для сектору та загальної економіки, до якої входить сектор [3].

Конвертована енергія йде на процеси та одиничні операції, де відбувається перетворення сировини або проміжних продуктів у кінцеву продукцію. У випадках харчової промисловості та напоїв це включає концентрацію, кристалізацію, сушіння та випаровування, перегонку, заморожування, танення, змішування та перемішування, подрібнення, пакування, зберігання енергії та поводження з відходами. На жаль, проаналізувати втрати від використання технологічної енергії неможливо.

Загальновідомо, що втрати енергії відбуваються в усіх точках ланцюга постачання та розподілу енергії. Енергія втрачається у системах виробництва електроенергії та пари як поза межами об'єкта, так і на місці в межах заводу, через неефективність обладнання та механічні й теплові обмеження. Енергія втрачається у системах розподілу та передачі енергії на завод і в межах заводу. Втрати також можливі в системах перетворення енергії (наприклад, теплообмінники, нагрівачі технологічних процесів, насоси, двигуни), де продуктивність термічно або механічно обмежується матеріалами конструкції та проектуванням обладнання.

Якщо проаналізувати добові графіки споживання електричної енергії харчовою промисловістю та загального відпуску в енергосистему (рис. 3), то можна сказати, що ці графіки досить схожі і мають спільну тенденцію перебігу протягом доби. Схожість графіків підтверджує безпосередній вплив споживачів харчової промисловості на добовий графік енергосистеми. Оскільки харчова промисловість може виступати як споживачем, так і генератором значних потужностей електричної енергії, це дає потенціал підприємствам галузі стати «споживачами-регуляторами».

Для харчової промисловості України актуальним питанням залишається управління режимами роботи з використанням технологічних і допоміжних процесів у галузі. Зазначене питання управління може вплинути на фінансове становище підприємств шляхом залучення їх до агрегації попиту й участі як активних споживачів.

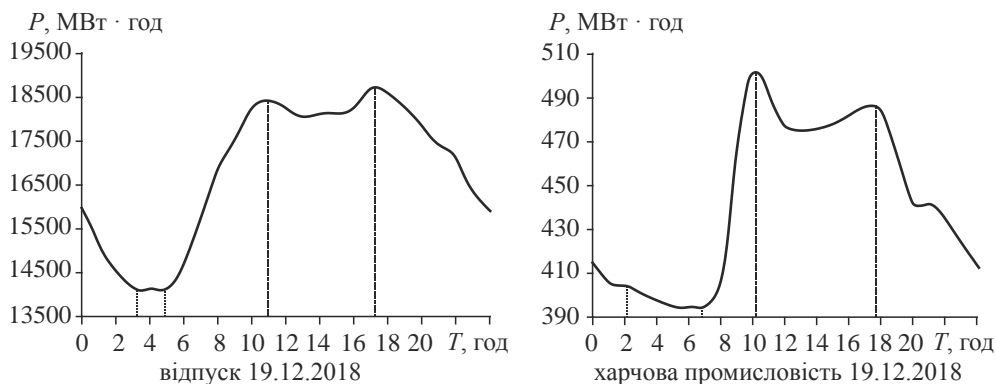


Рис. 3. Добові графіки відпуску ОЕС України та споживання електричної енергії харчовою промисловістю України

Крім того, значна частина енергії споживається центральними та східними областями України (рис. 4). Так, найбільшим споживачем енергії є Дніпропетровська область — понад 1,25 млн кВт·год, Харківська, Вінницька та Полтавська області — до 1 млн кВт·год. Одеська, Київська, Львівська, Запорізька, Донецька та Кіровоградська області мають в середньому споживання 0,5, 0,4 та 0,3 млн кВт·год, інші області — менше 0,4 млн кВт·год.

Якщо порівняти ці дані з картою потенціалу економії енергоносіїв (рис. 5), то видно, що такі області, як Дніпропетровська, Харківська, Полтавська мають досить значний потенціал до збереження енергоносіїв. Зокрема, це стосується підприємств галузі харчової промисловості.

На підприємствах харчової промисловості України експлуатується понад 1,3 млн одиниць обладнання, що використовує паливо й енергію та близько 700 тис. приладів. Більше третини машин і устаткування за технічними параметрами не відповідають сучасним вимогам. Зношеність активної частини основних виробничих фондів становить майже 50%, коефіцієнт їх оновлення за останні роки має тенденцію до зниження. У промисловості працюють 2,7 тис. парових котлів, близько 3,0 тис. живильних насосів, 277 турбоагрегатів, 4,6 тис. потужних силових трансформаторів та понад 400 тис. електродвигунів. З них 54% парових котлів і 53% турбоагрегатів експлуатуються понад 20 років. У зв'язку з недостатніми темпами оновлення основних виробничих фондів витрати на капітальний ремонт постійно зростають [7].

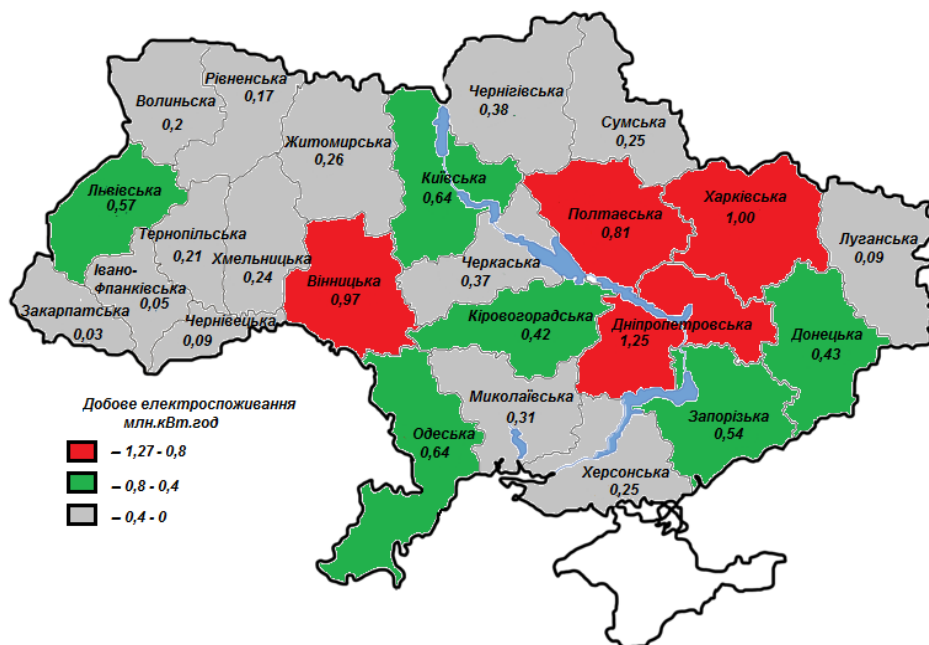


Рис. 4. Споживання електричної енергії в харчовій промисловості станом на 2018 рік

Україна належить до найбільш енерговитратних країн світу. Щорічний обсяг втрат національної економіки від неефективного використання енергоносіїв оцінюється на рівні 15—17 млрд дол. США.

Країна має найвищий рівень енергоємності ВВП в ЄС. Це пов'язано переважно з незадовільним станом енергетичної інфраструктури, великими втратами під час перетворення, передавання та розподілення енергії, низькою ефективністю використання паливно-енергетичних ресурсів у технологічних процесах (переважно енергоємних галузей), а також із низьким ККД у секторах кінцевого споживання [8].

Незважаючи на зменшення енергоємності ВВП країни, вона залишається у 3,4 раза вищою від середньоєвропейської та в 2,2 раза вища від середньо світового показника.

Відповідно до енергоємності ВВП України, порівняно з країнами ЄС, було сформовано потенціал економії енергоресурсів (рис. 5).

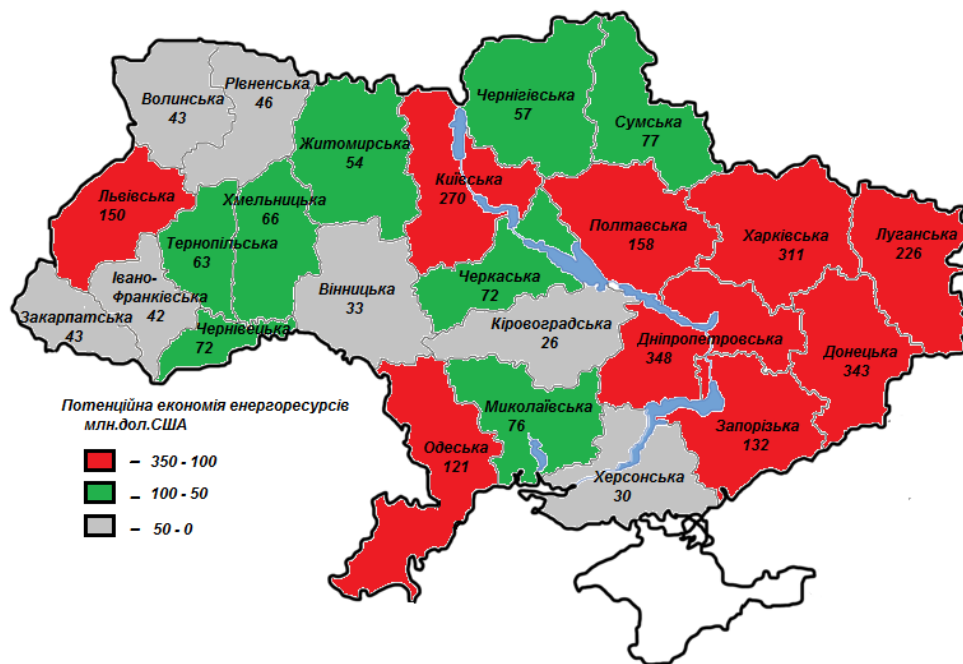


Рис. 5. Загальна потенційна економія енергоресурсів по регіонах України станом на 2014 рік, джерело: НоСЕП

Висновки

Аналіз ситуації на підприємствах харчової промисловості України свідчить про наявність потенціалу запровадження заходів щодо оптимізації споживання паливно-енергетичних ресурсів.

Враховуючи можливості управління режимами споживання, підприємства харчової промисловості можуть бути залучені до використання ринкового тарифу, а наявні території — до створення об'єктів відновлюваної енергетики.

Література

1. Шерман Є. М. Організаційно-економічний механізм розвитку підприємств харчової промисловості: дис. канд. ек. наук: 08.00.04 / Міністерство освіти і науки України, Херсонський національний технічний Університет. Херсон, 2015. 247 с.
2. Основні показники роботи харчової промисловості України: доповідь / Департамент продовольства Міністерства аграрної політики та продовольства України, 2015. 15 с. URL: http://minagro.gov.ua/system/files/Харчова_2014_рiк.pdf (дата звернення:15.04.19).
3. Jiri Klemes, Robin Smith, Jin-Kuk Kim Handbook of Water and Energy Management in Food Processing . Elsevier, 30—06. 2008 p. Mode of access: URL: <https://books.google.ua> (дата звернення:23.02.19)
4. Держстат України. Офіційний сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 10.03.19).
5. Бутко М. П., Ясько А. Г. Розвиток харчової промисловості в регіональних господарських системах України. *Агорсвіт. Економіка АПК*. 2010. № 9. С. 2—9.
6. Пасхавер Б. Й., Шубравська О. В., Крисанов Д. Ф., Прокопенко К. О. Агропродовольче виробництво у 1990—2009 рр.: тенденції розвитку. Державна установа «Інститут економіки та прогнозування НАН України». *Економіка АПК*. 2010. № 9. С. 13—20.
7. Пашнюк Л. О. Харчова промисловість України: стан, тенденції та перспективи розвитку. *Економічний часопис XXI. Економіка та управління підприємством*. 2012. № 9—10. С. 60—63.
8. Укренерго. Офіційний сайт. URL: <https://ua.energy/> (дата звернення:20.05.19)

MODELING THE DISTRIBUTION PROCESS OF
HEAT CARRIER IN THE MALT HEATER

M. Nikolishak, S. Lementar, V. Ponomarenko, R. Yakobchuk

National University of Food Technologies

D. Rindyuk

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

Key words:

*Heater
Malt
Heat carrier
Modeling*

Article history:

Received 09.07.2019
Received in revised form
24.07.2019
Accepted 22.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

In the production of malt, heat energy costs are quite significant, even with the use of modern drying installations. Theoretically it is possible to reduce them by 1.4—1.45 times. Taking into account the constantly rising price for energy carriers and electricity, increasing the energy efficiency of the process of malt drying by improving the drying conditions and the design of drying apparatus is an urgent task of today.

The researchers have proven that to reduce the flow of heat for evaporation of moisture, it is advisable to apply preheated malt to drying. It has been established that in the whole range of temperatures of the drying agent and the moisture content of malt during the heating of the product, a significant increase in the drying rate occurred (compared to the usual process under the same conditions). To implement this recommendation, it's suggested to use a malt-preheating device. The disadvantage of this apparatus is the low efficiency of the system of supply of heat carrier, which leads to uneven heating of malt.

Therefore, the purpose of our study is to find the optimal parameters of the design of the malt heater by modeling the flows of the heat carrier, taking into account the thermo-physical characteristics of air and malt.

The object of the study is the processes of distributing the heat carrier and heating the barley malt in the heater.

The simulations used Computational Fluid Dynamics methods.

Based on the simulation results, we proposed the design of the heater with an improved system of supply of the heat carrier, which provides uniform heating of the malt and reaching its temperature within 45—47°C along the entire section of the final section of the heater, which is sufficient to feed it to the dryer.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛЕННЯ ТЕПЛОНОСІЯ В ПІДГРІВАЧІ СОЛОДУ

М. В. Ніколишак, С. Ю. Лементар, В. В. Пономаренко, Р. Л. Якобчук

Національний університет харчових технологій

Д. М. Риндюк

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»

При виробництві солоду витрати теплової енергії є досить значними, навіть при використанні сучасних сушильних установок. Теоретично можливо їх зменшення в 1,4—1,45 раза. Враховуючи постійно зростаючу ціну на енергоносії та електроенергію, підвищення енергоефективності процесу сушіння солоду шляхом вдосконалення режимів сушіння і конструкцій сушильних установок є актуальним завданням сьогодення.

Доведено, що для зниження витрат теплоти на випаровування вологи доцільно подавати на сушку попередньо нагрітий солод. Встановлено, що в усьому досліджуваному діапазоні температур сушильного агента і вологості солоду при підігріві останнього відбувалося значне підвищення швидкості сушіння (якщо порівняти зі звичайним проведенням процесу при тих же умовах). Для реалізації цієї рекомендації запропоновано використовувати апарат попереднього підігріву солоду, недоліком якого є низька ефективність системи розподілу теплоносія, що призводить до нерівномірного нагріву солоду. Тому метою дослідження є знаходження раціональних параметрів конструкції підігрівача в установці для сушіння солоду шляхом моделювання потоків теплоносія з урахування теплофізичних характеристик повітря і солоду. Об'єктом дослідження є процеси розподілу теплоносія та нагрівання ячмінного солоду в підігрівачі. При моделюванні використовувалися методи обчислювальної гідродинаміки — Computational Fluid Dynamics.

За результатами моделювання запропоновано конструкцію підігрівача з удосконаленою системою підведення теплоносія, яка забезпечує рівномірне прогрівання солоду та досягнення його температури в межах 45—47°C по всьому перерізу кінцевої секції підігрівача, що є достатнім для подачі його на сушарку.

Ключові слова: *підігрівач, солод, теплоносії, моделювання.*

Постановка проблеми. Витрати теплової енергії для виробництва солоду складають основну частину (близько 95%) витрат, обумовлених технологічними факторами. При цьому значна частина теплоти й електроенергії витрачається на проведення процесу сушіння. На сучасних солодосушарках питома витрата теплоти становить, за даними фірм-виробників, близько 2,7 МДж/т при теоретично можливій мінімальній 1,86 МДж/т. Тож витрата теплоти теоретично може бути знижена в 1,45 раза. Питома витрата електроенергії на тих же установках становить близько 20—35 кВт·год/т, причому основна її частина припадає на привід вентиляторів, які продувають сушильний агент крізь шар

солоду [1]. Тому, враховуючи постійно зростаючу ціну на енергоносії та електроенергію, вдосконалення режимів сушіння солоду і конструкцій сушильних установок є актуальним завданням сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищенню економічної ефективності роботи солодосушарки значною мірою сприяють збільшення її продуктивності та зниження енерговитрат на сушіння. Одним із методів зниження енерговитрат є оптимізація режимів сушіння на основі математичного моделювання результатів досліджень з використанням критеріїв ефективності.

Критерієм енергетичної ефективності процесу сушіння у [2] пропонується вважати відношення питомих енерговитрат до швидкості процесу сушіння (енергокінетичний критерій — $K_{ек}$). Відомо, що тривалість процесу сушіння залежить як від температури і швидкості сушильного агента, так і від характеру їх зміни в часі. Цю зміну можна варіювати протягом процесу, досягаючи таким чином більшої енергоефективності процесу. Використання енергокінетичного критерію дає змогу виділити періоди сушіння, в перебігу яких найбільш доцільно інтенсифікувати процес без нераціонального підвищення енерговитрат [3].

Аналіз результатів досліджень [2] показує, що інтенсифікувати процес сушіння солоду на його останній стадії недоцільно. Цей період характеризуються дуже високими значеннями $K_{ек}$ через незначне видалення вологи, тому для підвищення продуктивності солодосушарки з урахуванням усього комплексу вимог до її ефективності доцільним є скорочення першого етапу процесу. Для цього необхідно або підводити додаткову теплоту в сушарку або завантажувати попередньо підігрітий матеріал.

У першому випадку потрібне збільшення продуктивності калориферів сушарок по теплоті, що здебільшого нераціонально. Це пояснюється тим, що нині сучасні високопродуктивні солодовні оснащені комплектом технологічного обладнання, поставленого закордонними фірмами. Вони здійснюють гарантійне та сервісне обслуговування свого обладнання. Модернізація солодосушарок порушує цю договірну систему, що небажано для власників підприємств.

У другому випадку, при використанні попереднього підігрітого солоду, застосовується додаткове обладнання, що вимагає додаткових виробничих площ, проте підвищує продуктивність солодосушарок.

Дослідженню попереднього підігріву солоду та інших видів зернової сировини перед сушінням присвячено праці [4; 5 та ін]. Доведено, що для зниження витрат теплоти на випаровування вологи доцільно подавати на сушку попередньо нагрітий солод. Встановлено [5], що в усьому досліджуваному діапазоні температур сушильного агента і вологості солоду при підігріві останнього відбувалося різке підвищення швидкості сушіння (якщо порівняти зі звичайним проведенням процесу за тих же умов). Причому підвищення інтенсивності видалення вологи було найбільш суттєвим на початку процесу. З плином часу досягнутий ефект зменшувався. При проведенні експериментів нагрівання солоду перед сушінням становило від 10 до 50°C. Також у [2] надано рекомендації щодо подачі підігрітого солоду у верхню частину шару солоду в сушильній установці. При аналізі кривих сушіння окремих горизонтальних перетинів шару солоду з'ясовано, що інтегральна швидкість сушіння шару солоду знижується за рахунок досить тривалого періоду від-

сутності активного видалення вологи з верхньої частини шару. Проте фіксується негативний вплив цього періоду на якість одержуваного сухого продукту і його вихід. У той же час в нижній частині шару видалення вологи на початку процесу відбувається з досить високою швидкістю. З огляду на це рекомендовано попередньо (до сушки) підігрівати до температури 30—40°C солод, який завантажується у верхню частину шару. Для цього [6] розроблено спеціальний апарат, який забезпечує нагрів і підсушування солоду в активному гідродинамічному режимі, що реалізується за допомогою підйомно-лопатевого пристрою та продуванням солоду нагрітим повітрям через перфороване днище.

Отже, попередній підігрів солоду є ефективним способом інтенсифікації процесу сушіння в солодосушарках і моделювання процесу розподілення теплоносія в такому обладнанні дасть змогу надати рекомендації щодо удосконалення його конструкції.

Мета дослідження: знаходження раціональних параметрів конструкції підігрівача в установці для сушіння солоду шляхом моделювання потоків теплоносія.

Викладення основних результатів дослідження. Основне завдання досліджуваного апарата — попередній підігрів пивного солоду для інтенсифікації процесу його сушіння. Запропонований апарат [6] вирізняється простотою конструкції та містить корпус, живильник, камеру розподілу теплоносія, патрубок додаткової подачі теплоносія, транспортуючий пристрій, патрубок вивантаження паростків, патрубок вивантаження солоду, патрубок виходу відпрацьованого теплоносія та перфороване днище (рис. 1).

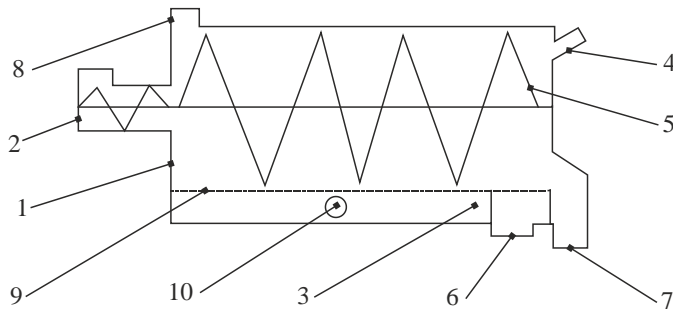


Рис. 1. Схема будови апарата попереднього підігріву солоду

Солод з вологістю 39—45% подається в живильник 2, звідки шнековим транспортером переміщується в корпус 1. Рух солоду вздовж корпусу забезпечується обертанням транспортуючого пристрою 5.

При русі солоду з паростками вздовж корпусу 1 здійснюється його підігрів теплоносієм, який підводиться тангенціально, в бік обертання валу, через патрубок 10, що забезпечує спільно з транспортуючим пристроєм 5 інтенсивне ворухіння шару солоду для ефективної деструкції його паростків.

У напрямку, протилежному руху шару солоду, через патрубок 4 також подається теплоносій для відділення легких домішок і пилу від солоду.

Відокремлені від солоду паростки і пилові домішки відводяться через патрубки 6 і 8 відповідно за рахунок спільної дії потоків теплоносія, який подається через патрубки 4 і 10. Очищений і підігрітий до температури, що перевищує температуру мокрого термометра, солод подається на сушку через патрубок 7.

Для моделювання процесу розподілення теплоносія створюємо 3D модель підігрівача солоду з діаметром барабана 1,5 м та довжиною 5 м (рис. 2)

Для забезпечення солодом сушильної установки продуктивністю 20 т/добу приймаємо такі параметри системи подачі повітря: витрата теплоносія 0,3 м³/с, температура 50°C. Параметри шару солоду, який пронизується теплоносієм: висота 0,4 м, площа поперечного перерізу сегменту солоду 0,38 м², довжина 5 м. Теплофізичні властивості ячмінного солоду, відповідно до [7], визначаються за такими формулами:

- залежністю коефіцієнта теплопровідності від температури солоду:

$$\lambda = 0,1 + 0,004t - 3t^2;$$

- залежністю теплоємності солоду від температури:

$$c = 659,04 + 113,9t - 2,93t^2 + 0,048t^3.$$

Для створення моделі шару солоду приймалася насипна густина 510 кг/м³ та пористість шару — 54%.

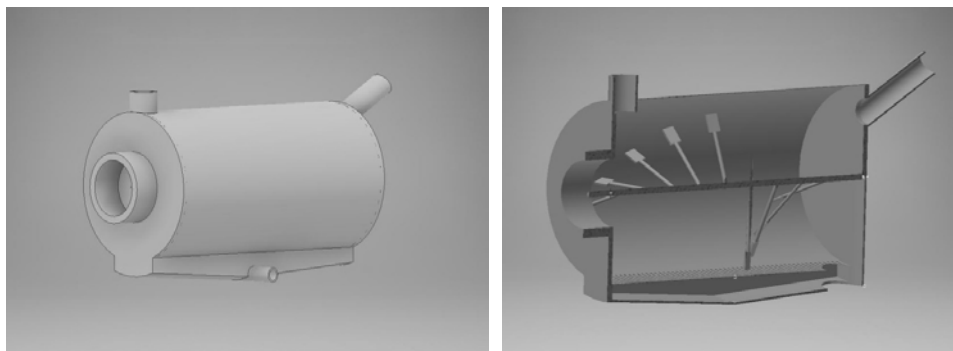


Рис. 2. 3D модель апарата попереднього підігріву солоду

Суттєвим недоліком вищенаведеної конструкції є нерівномірність розподілу теплого повітря в камері подачі теплоносія, тому солод буде нагріватися нерівномірно. Солод у центральній частині апарата прогріватиметься швидше, ніж у початковій і кінцевій. Врахувавши цей факт, було вирішено удосконалити конструкцію та додати ще два патрубки для входу теплоносія (рис. 3). В такій конструкції нагріте повітря розподіляється більш рівномірно по всій площі матеріалу, забезпечуючи таким чином рівномірний підігрів солоду для подальшого сушіння.

Провівши дослід повторно, але вже з удосконаленою конструкцією, можна помітити бажані температурні зміни в шарі солоду (рис. 4). Результати представлено суміщеними на площині і з прив'язкою до розрахункових комірок у всіх поперечних перерізах, що є можливим завдяки поступовому зростанню температури солоду при розгляді в поздовжньому перерізі.

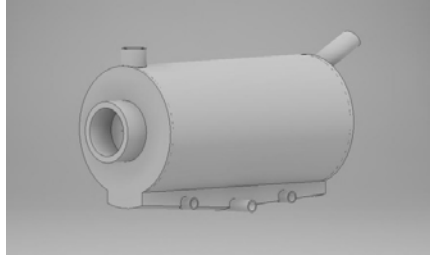


Рис. 3. Удосконалена конструкція апарата попереднього підігріву солоду

Температура солоду 45—47°C досягається по всьому перерізу кінцевої секції підігрівача. Отже, після проходження через апарат солод буде рівномірно прогрітим і може бути поданим на сушку.

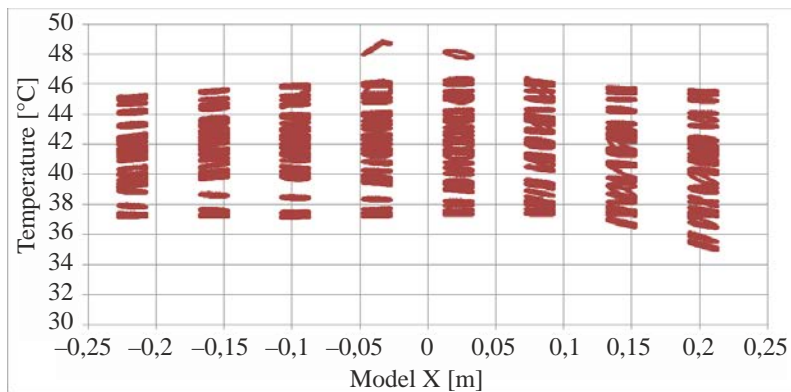


Рис. 4. Розподіл температури солоду в поперечних перерізах апарата

Також ми досліджували розподіл полів швидкостей у модернізованому підігрівачі (рис. 5, 6) і показники турбулентної енергії потоків повітря (рис. 7, 8).

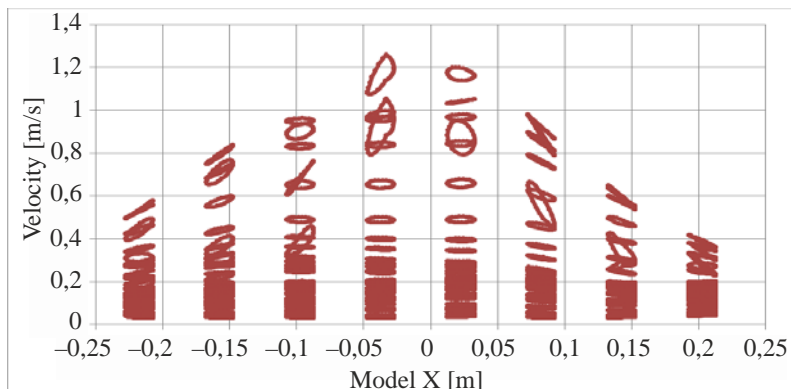


Рис. 5. Розподіл швидкості теплоносія в поперечних перерізах апарата

Як видно з рис. 5, спостерігаються аномально високі швидкості теплоносія понад 1 м/с, що є нетиповим явищем для теплоносія після проходження шару

солоду. Щоб зрозуміти причину такого ефекту, розглянули графіки розподілу швидкості теплоносія для поздовжніх перерізів апарата (рис. 6).

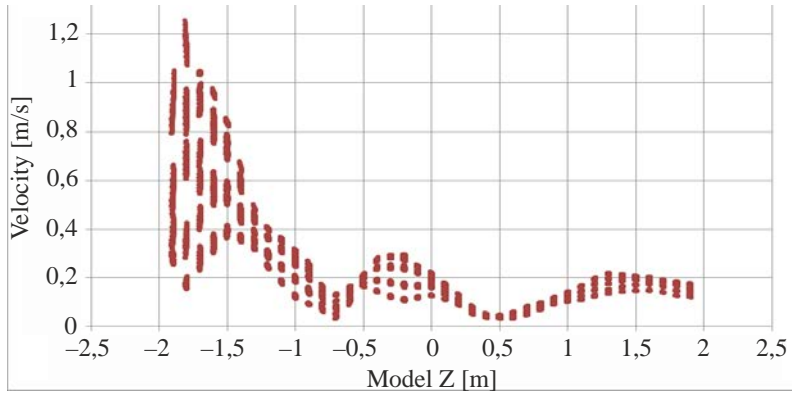


Рис. 6. Розподіл швидкості теплоносія в поздовжніх перерізах апарата

Виявили, що причиною таких швидкостей у початковій зоні апарата є наявність допоміжного контуру подачі теплоносія через патрубок 4 (рис. 1) та системи відведення відпрацьованого повітря через патрубок 8 (рис. 1).

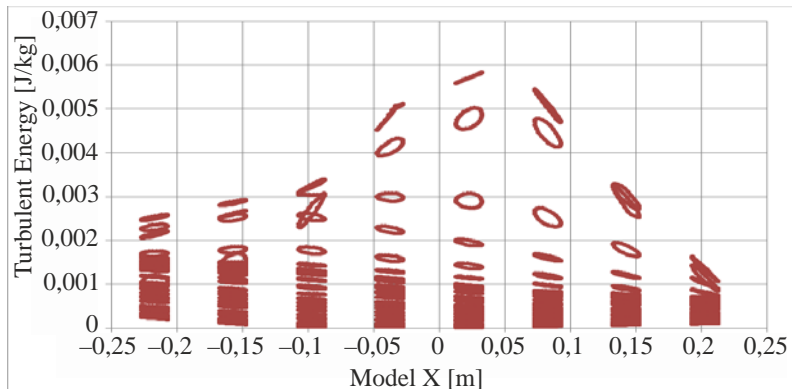


Рис. 7. Турбулентна енергія потоку теплоносія в поперечних перерізах апарата

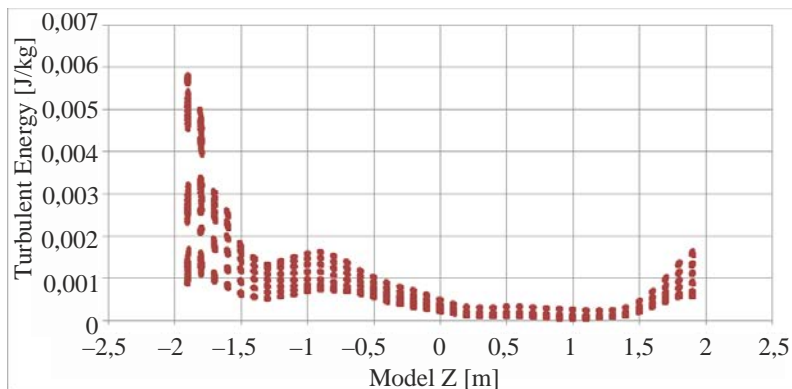


Рис. 8. Турбулентна енергія потоку теплоносія в поздовжніх перерізах апарата

Висновки

У результаті моделювання процесу розподілення теплоносія в підігрівачі солоду з'ясовано, що:

- базова модель підігрівача не забезпечує рівномірного розподілу теплого повітря в камері подачі теплоносія, тому солод буде нагріватися нерівномірно;

- в модернізованому підігрівачі забезпечується рівномірне прогрівання солоду та досягнення його температури в межах 45—47°C по всьому перерізу кінцевої секції підігрівача, що є достатнім для подачі продукту на сушарку;

- швидкість теплоносія після проходження шару солоду складає 0,1—0,22 м/с, за винятком початкової секції апарата, де знаходиться система відведення відпрацьованого повітря;

- турбулентна енергія потоку теплоносія досягає максимуму в початковій секції апарата;

- максимум турбулентної енергії потоку теплоносія при розгляді в поперечних перерізах апарата є зміщеним відносно центру у зв'язку з тангенціальним підведенням теплоносія.

Отже, модернізована конструкція підігрівача солоду забезпечує більш рівномірне, якщо порівняти з базовим варіантом, прогрівання солоду та досягнення необхідної температури продукту.

Література

1. Федоренко Б. Н. Инженерия пивоваренного солода: учебн.-справ. пособие. СПб.: Профессия, 2004. 248 с.

2. Емельянов А. Б. Повышение энергоэффективности процесса сушки солода в высоком слое: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Воронежский государственный университет инженерных технологий. Воронеж, 2013. 159 с.

3. Кулакова С. В. Об оптимизации параметров процесса циклической сушки солода в высоком слое. Сб. статей VII Международной научно-технической конференции «Математическое моделирование, обратные задачи, информационно-вычислительные технологии». Пенза, 2007. С. 184—188.

4. Гавриленков А. М., Емельянов А. Б. Выбор оптимального режима сушки солода. *Пиво и напитки безалкогольные и алкогольные, соки, вино*. 2000. № 5. С. 52—53.

5. Гавриленков А. М., Харченков К. В., Кулаков В. И., Емельянов А. Б. Проблемы повышения эффективности сушки солода. *Brauwelt — Мир пива и напитков*. 2005. № 3. С. 25—28.

6. Устройство для предварительной подготовки солода перед сушкой: пат 2247144 Россия: МПК С12С13/00. №20031291442/13; заявл. 29.09.2003; опубл. 27.02.2005, Бюл. № 17, 2007г.

7. Пеленко В. В., Демидов С. Ф., Тамбулатова Е. В., Соколова Е. А. Изучение теплофизических характеристик светлого солода. *Научный журнал НИУ ИТМО*. 2012. № 3. С. 152—156.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE PROCESS OF VAPOR CONDENSATION ON THE SURFACE OF THE CYLINDRICAL FREE-DRAINING LIQUID JET (PART 2)

V. Bondar, K. Solodka, S. Vasilenko, N. Ivashchenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Condensation
Heat transfer
Heat and mass transfer
apparatus
Mathematical Model
Hydrodynamic
characteristics*

Article history:

Received 17.07.2019
Received in revised form
07.08.2019
Accepted 21.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The comparative analysis of the existing studies of condensation of the steam from the steam-gas mixture on a cylindrical free-flow fluid jet allows us to conclude that the majority of them are rather experimental, therefore their results are only reliable for a definite value range of the heat agent liquid and gaseous phase regime parameters. In addition, the subject of their research is the hydrodynamic regime of the continuous jet structure throughout its length.

The experimental study demonstrated that the shape of the jet flowing from the cylindrical aperture against the oncoming steam flow, is characterized by its inversion with intense wave formation on the jet surface along with jet disintegration along the flow. Accordingly, application of the existing methods for calculating heat transfer in cylindrical single jets of liquid outside the investigated parameters range to the analysis of heat transfer in jets of this type is incorrect. Since it is impossible to calculate cross-jet area and, correspondingly, the surface area of heat exchange, it is impossible to use Newton-Richman's equation. This means that it is impossible to use traditional heat emission coefficient as a parameter, therefore it is proposed to use a dimensionless complex that describes the degree of change in fluid temperature along the jet length under the relevant geometric conditions.

Based on the theory of similarity methods, several systems of dimensionless complexes have been formed, which would describe the results of experimental research quite sufficiently. The approximation of the experimental study results was carried out in the corresponding systems using the regression analysis method as the most reliable one, which gives the best correlation indexes.

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ НА ПОВЕРХНІ ЦИЛІНДРИЧНОГО ВІЛЬНОСТІКАЮЧОГО СТРУМЕНЯ РІДИНИ (ЧАСТИНА 2)

В. І. Бондар, К. М. Солodka, С. М. Василенко, Н. В. Іващенко
Національний університет харчових технологій

Порівняльний аналіз існуючих досліджень процесу конденсації пари з парогазової суміші на циліндричному вільновитікаючому струмені рідини дав змогу зробити висновок про те, що переважна їх більшість має експериментальний характер, тому результати є достовірними тільки для відповідного діапазону зміни режимних параметрів рідкої та газоподібної фази теплоносіїв. До того ж предметом дослідження в них є гідродинамічний режим суцільної структури струменя по всій його довжині.

Під час проведення експериментального дослідження встановлено, що форма струменя, який витікає з циліндричного отвору протитечею до набігаючого парового потоку, характеризується його інверсією з інтенсивним хвилеутворенням на поверхні струменя при одночасному розпаді струменя вздовж течії. Відповідно, застосування до аналізу теплообміну в струменях цього типу існуючих методик розрахунку теплоперенесення в циліндричних поодиноких струменях рідини поза межами дослідженого діапазону параметрів є некоректним через велику складність обчислення площі поперечного перерізу струменя і площі поверхні теплообміну, тому використання рівняння Ньютона-Ріхмана неможливе. Тобто відсутня можливість як параметр використовувати традиційне поняття коефіцієнта тепловіддачі. Пропонується розробити безрозмірнісний комплекс, який описує ступінь зміни температури рідини вздовж довжини струменя за відповідних геометричних умов.

На основі методів теорії подібності сформовано декілька систем безрозмірнісних комплексів, які б достатньо повно описували результати експериментального дослідження. Апроксимація результатів експериментального дослідження проведена у відповідних системах з використанням методів регресійного аналізу як найбільш достовірною обрано методика, що дає найкращі показники кореляції.

Ключові слова: конденсація, теплообмін, тепломасообмінні апарати, математична модель, гідродинамічні характеристики.

Постановка проблеми. Струмінь рідини, що вільно витікає з циліндричного отвору, має складну та змінну по висоті конфігурацію з інверсією на виході з отвору. До того ж струмінь, що постійно коливається, в широкому діапазоні зміни параметрів парорідинної течії розпадається. Тому аналіз процесу теплообміну, інтенсивність якого одночасно залежить від площі поверхні струменя, механізму перенесення енергії в ньому та різниці температур, є складним, а його результати неоднозначними.

Дійсно, порівняльний аналіз результатів дослідження теплообміну в струменях цього типу, проведених авторами методик, що традиційно використовуються під час розрахунку теплоперенесення в циліндричних струменях рідини, засвідчив, що розрахунок за ними поза межами відповідного діапазону параметрів течії є некоректним.

Мета дослідження: аналітично-експериментальним шляхом отримати методику розрахунку інтенсивності теплообміну під час конденсації пари на поверхні циліндричного вільновитікаючого струменя рідини.

Викладення основних результатів дослідження. Аналіз результатів експериментального дослідження процесів теплообміну під час конденсації пари на циліндричному вільновитікаючому струмені рідини, проведеного на кафедрі теплоенергетики та холодильної техніки Національного університету харчових технологій, та математично-статистичного оброблення дослідних даних, наведених в [1], дає змогу зробити висновок, що використання існуючих моделей для узагальнення результатів проведеного експерименту є некоректним. Тобто на сьогодні відсутня методика, яка б достовірно описувала процеси теплообміну під час конденсації пари на циліндричному вільновитікаючому струмені рідини для тих режимів руху водяної пари та води, в межах яких було проведено експеримент.

Як найбільш дієвий метод визначення адекватної системи безрозмірних комплексів пропонується використовувати статистичні методи аналізу результатів досліджень, зокрема методи регресійного аналізу. Тобто відповідно до запропонованого методу з використанням теорії подібності розробляється кілька систем безрозмірних комплексів, після чого, використовуючи методи регресійного аналізу, результати експериментального дослідження представляють у відповідних системах та апроксимують. Як результуючу обирають ту залежність, яка дає найкращі показники кореляції.

На жаль, використати рівняння Ньютона-Ріхмана для того, щоб обчислити площу поперечного перерізу струменя, а, відповідно до цього, і площу поверхні теплообміну, неможливо. А це означає, що неможливо як параметр використовувати традиційне поняття коефіцієнта тепловіддачі, тому пропонується використовувати безрозмірний комплекс, який описує ступінь зміни температури рідини вздовж довжини струменя за відповідних геометричних умов:

$$4St = \frac{d_0}{y} \ln \frac{T_s - T_0}{T_s - T_p}, \quad (1)$$

де T_s — температура насичення нагрівної пари, К; T_p — поточні значення температури рідини, К. d_0 — діаметр отвору, м.

Також, враховуючи попередні дослідження теплообміну під час конденсації пари на циліндричних струменях [2; 3] та використовуючи метод аналізу розмірностей, при розробці емпіричних залежностей можна використовувати таку систему безрозмірних параметрів:

$$St = f \left(\frac{l}{d_o}; We; Re; K; Pr; \bar{\mu}; \bar{\rho}; \bar{\lambda}; \bar{c}_p \right). \quad (2)$$

Під час опрацювання дослідних даних останні чотири сімплекси не враховували, оскільки фізичні властивості рідини та пари суттєво не змінювались. Критерій фазового перетворення K враховує виділення теплоти переохолодженого конденсату та гідродинамічні ефекти, пов'язані з наявністю поперечного потоку маси на поверхні розділу фаз.

Також необхідно розглянути питання про вибір визначальних параметрів, які повинні враховувати вплив характеристик пароструминних потоків, довжину струменя та фізичних характеристик фаз. За визначальну приймали початкову температуру струменя, а теплофізичні величини парового потоку визначали за температури насичення пари.

Апроксимуємо експериментальні дані за деякими із систем безрозмірних комплексів, наведених в інших джерелах [2—9]. Ефективність регресійної моделі оцінимо величиною коефіцієнта детермінації. Також зробимо вибір методу оптимізації нелінійної оцінки регресії.

Результати аналізу зведені в табл. 1, графічне зображення апроксимації експериментальних даних наведено на рис. 1—9. Вибір методу оптимізації нелінійної оцінки регресії наведено в табл. 2.

Таблиця 1. Результати аналізу апроксимації експериментальних даних

	Вид залежності	Отримана залежність	Коеф. детермінації
1	2	3	4
1	I. В. Васильєв [4] $\lg \frac{t_s - t_1}{t_s - t_2} = a \left(\frac{gd_0}{v_0^2} \right)^b \left(\frac{l}{d_0} \right)^c$	$\lg \frac{t_s - t_1}{t_s - t_2} = 0,002326 \left(\frac{gd_0}{v_0^2} \right)^{0,38015} \left(\frac{l}{d_0} \right)^{1,209403}$	89,418%
2	B. Ф. Єрмолов [5] $\lg \frac{t_s - t_1}{t_s - t_2} = a \frac{I}{d_0} La^b K^c Pr^d Fr^e$	$\lg \frac{t_s - t_1}{t_s - t_2} = 0,136193 \frac{I}{d_0} La^{0,11103} \times$ $\times K^{-0,0567947} Pr^{-1,02388} Fr^{-0,282604}$	92,208%
3	Г. А. Ересько [6] $\lg \frac{t_s - t_1}{t_s - t_2} = a \frac{I}{d_0} La^b K^c Pr^d Fr^e$	$\frac{t_s - t_1}{t_s - t_2} = 2,3936661 \cdot Fr^{-0,025328} \times$ $\times Pr^{-0,574804} \left(\frac{d_0}{D_0} \right)^{0,147998}$	93,652%
4	Н. С. Мочалова та ін. [7] $St = a \left(\frac{l}{d_0} \right)^b Re^c Pr^d Fr^e$	$St = 0,000017 \left(\frac{l}{d_0} \right)^{-2,09874} \times$ $\times Re^{2,124} Pr^{-3,56097} Fr^{-0,392158}$	29,768%
5	S. Benedek [8] $St_{cs} = a \left(\frac{S}{F} \right)^b K^c$	$St_{cs} = 0,000389 \left(\frac{S}{F} \right)^{0,691691} K^{-1,24928}$	2,5589%
6	I. Iciek [9] $St = a \left(\frac{I}{D} \right)^b Fr^c$	$St = 0,000305 \left(\frac{I}{D} \right)^{0,416569} Fr^{-0,150734}$	6,76224%

1	2	3	4
7	В. П. Ісаченко та ін. [10] $4St_{cp} = a \left(\frac{l}{d_0}\right)^b Re^{-c} K^d Pr^e \exp(k \cdot We)$	$4St_{cp} = 0,000729 \left(\frac{l}{d_0}\right)^{-0,937863} Re^{0,361564}$ $K^{1,681883} Pr^{-0,667184} \exp(-24,7160We)$	72,284%
8	В. П. Ісаченко [11] $4St_{cp} = a \left(\frac{l}{d_0}\right)^b \exp(c \cdot We)$	$4St_{cp} = 0,007575 \left(\frac{l}{d_0}\right)^{0,007477} \exp(-65,5158We)$	49,09963%
9	De Salve [12] $St = a \left(\frac{l}{d}\right)^b Re^c K^d Pr^e$	$St = 0,0000088 \left(\frac{l}{d}\right)^{-0,521065} \times$ $\times Re^{3,456316} K^{-8,23340} Pr^{-5,99641}$	37,335%
	Оптимальна $\frac{d_0}{y} \ln \frac{T_s - T_0}{T_s - T_p} = a \cdot \left(\frac{1}{d_0}\right)^b \times$ $\times Re_0^c \cdot We_{\sigma 2}^d \cdot K^e \cdot Pr^f$	$\frac{d_0}{y} \ln \frac{T_s - T_0}{T_s - T_p} = 0,000897 \left(\frac{l}{d_0}\right)^{-0,725893} \times$ $\times Re_0^{0,987728} We_{\sigma 2}^{-0,529} K^{-1,66467} Pr^{-2,21757}$	93,792%

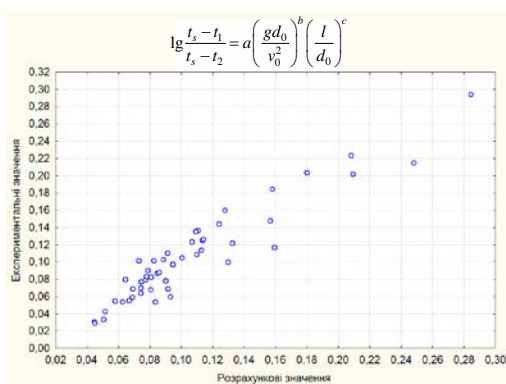


Рис. 1. Оброблення дослідних даних у системі параметрів, запропонованих у [4]

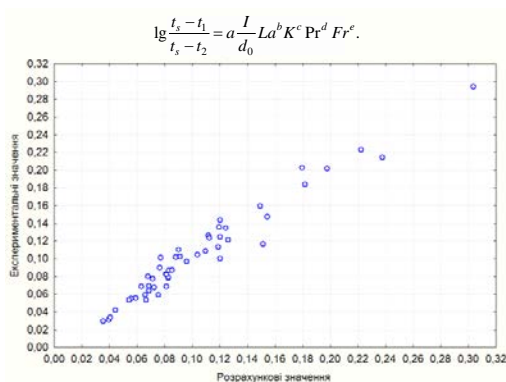


Рис. 2. Оброблення дослідних даних у системі параметрів, запропонованих у [5]

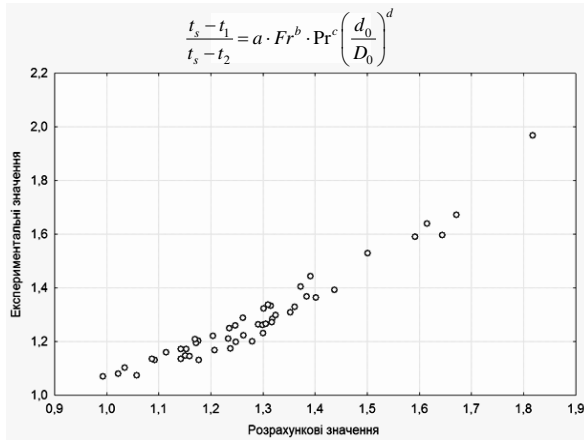


Рис. 3. Оброблення дослідних даних у системі параметрів, запропонованих у [6]

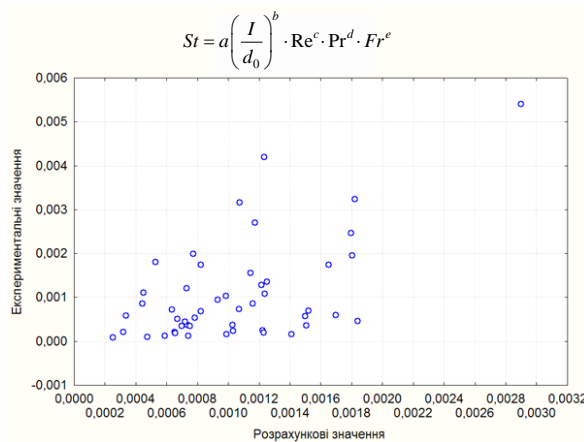


Рис. 4. Оброблення дослідних даних у системі параметрів, запропонованих у [7]

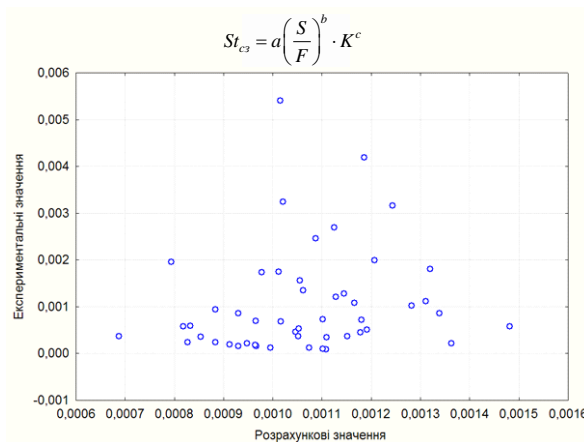


Рис. 5. Оброблення дослідних даних у системі параметрів, запропонованих у [8]

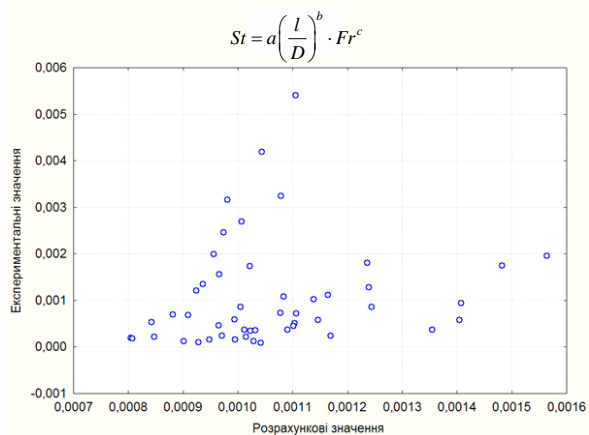


Рис. 6. Оброблення дослідних даних у системі параметрів, запропонованих у [9]

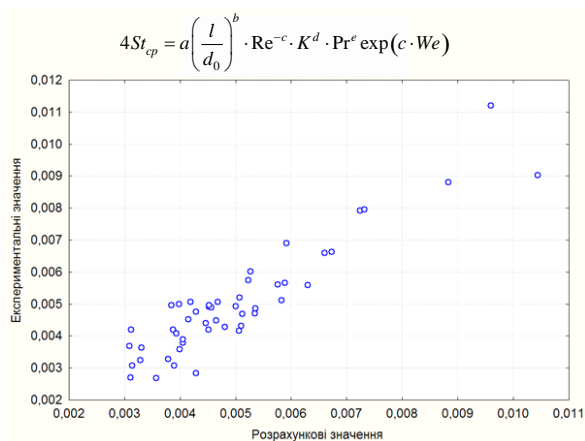


Рис. 7. Оброблення дослідних даних у системі параметрів, запропонованих у [10]

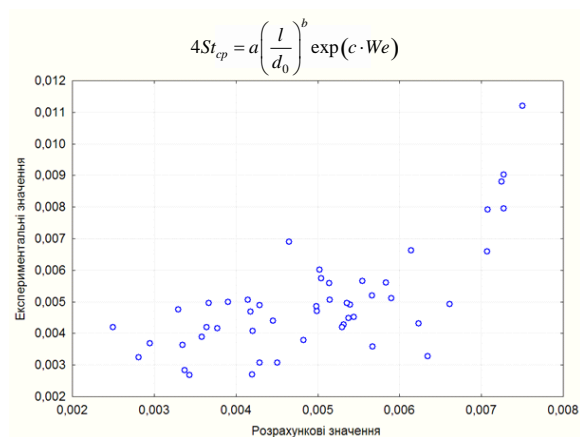


Рис. 8. Оброблення дослідних даних у системі параметрів, запропонованих в [11]

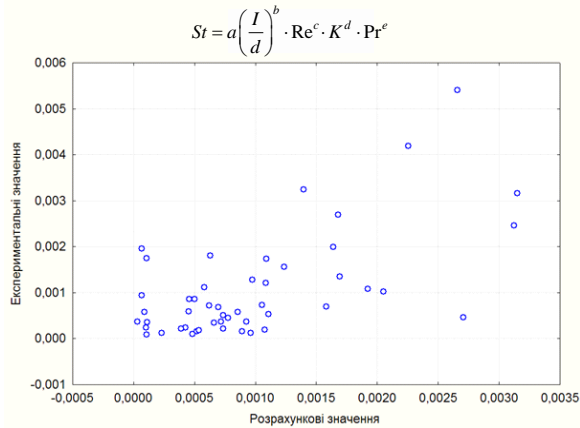


Рис. 9. Оброблення дослідних даних у системі параметрів, запропонованих у [12]

У результаті оброблення результатів експериментального дослідження в системах безрозмірних комплексів відомих досліджень, наведених вище, встановлено, що на сьогодні не існує універсальної системи параметрів, в якій можна було б з достатньою точністю описати процес теплообміну під час конденсації пари на циліндричному вільностікаючому струмені рідини. Тому розроблена оригінальна система безрозмірних чисел подібності, за якою результати експериментального дослідження апроксимовані емпіричною залежністю:

$$\frac{d_0}{y} \ln \frac{T_s - T_0}{T_s - T_p} = 0,000897 \cdot \left(\frac{1}{d_0} \right)^{0,73} \cdot Re_0^{0,99} \cdot We_{\sigma 2}^{-0,53} \cdot K^{-1,66} \cdot Pr^{-2,22}, \quad (3)$$

де d_0 — діаметр струменя, м; l — довжина струменя, м; T_i — температура рідини біля поверхні поділу рідина-пара, {K}; T_p — температура рідини, {K}; T_0 — температура рідини на зрізі розподільного пристрою, {K}; T_s — температура пари в стані насичення, {K}; y — поперечна координата, що відраховується від поверхні поділу фаз; відстань по вертикалі від зрізу розподільного пристрою, м; $We_{\sigma 2}$ — модифіковане число Вебера, $We_{\sigma 2} = \frac{\rho_n v_0^2 d_0}{\sigma}$; Re_0 — число Рейнольдса струменя, $Re_0 = \frac{v_0 d_0}{\nu_p}$; Pr — число Прандтля рідини,

$$Pr = \nu / a.$$

Порівняння розрахованих значень за наведеною емпіричною залежністю з експериментальними значеннями вказує на високу точність оброблення дослідних даних (рис. 10).

Під час мінімізації нормованої суми квадратів порівнювали різні оптимізаційні процедури. Найкращий результат дав квазі-ньютонівський метод з коефіцієнтом детермінації 93,8%.

Порівняння результатів використання різних оптимізаційних процедур наведено в табл. 2.

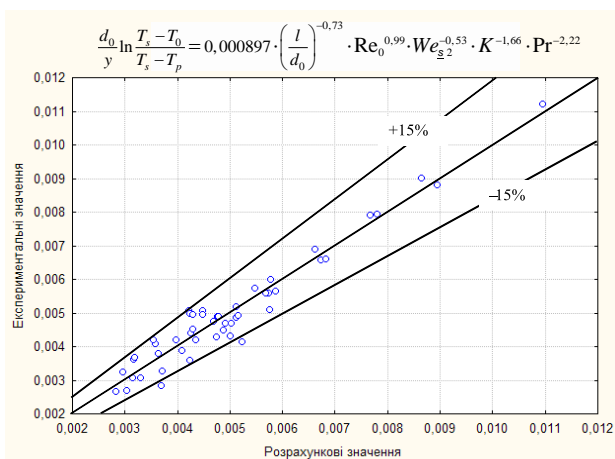


Рис. 10. Оптимальна система параметрів

Таблиця 2. Оптимізаційні процедури

Оптимізаційний метод нелінійної оцінки	Отримана залежність	Коеф. детермінації
Метод Розенброка	$\frac{d_0}{y} \ln \frac{T_s - T_0}{T_s - T_p} = 0,177104 \left(\frac{l}{d_0} \right)^{-0,738424} \times$ $\times \text{Re}_0^{0,191260} \text{We}_{\sigma 2}^{-0,131994} K^{-0,213104} \text{Pr}^{-1,64066}$	89,052%
Метод Хука-Дживіса	$\frac{d_0}{y} \ln \frac{T_s - T_0}{T_s - T_p} = 0,135691 \left(\frac{l}{d_0} \right)^{-0,821097} \times$ $\times \text{Re}_0^{0,464566} \text{We}_{\sigma 2}^{-0,244146} K^{-0,951680} \text{Pr}^{-2,19763}$	90,829%
Квазі-Ньютонівський метод	$\frac{d_0}{y} \ln \frac{T_s - T_0}{T_s - T_p} = 0,000897 \left(\frac{l}{d_0} \right)^{-0,725893} \times$ $\times \text{Re}_0^{0,987728} \text{We}_{\sigma 2}^{-0,529} K^{-1,66467} \text{Pr}^{-2,21757}$	93,792%

Висновок

Розроблена оригінальна методика розрахунку теплообміну під час конденсації набігаючого потоку пари на поверхні струменя рідини, що вільно витікає з циліндричного отвору. Методика базується на результатах комплексного теоретичного й експериментального дослідження теплогідродинамічних режимів відповідної двофазної течії.

Література

1. Бондар В. І., Солodka К. М., Василенко С. М. Аналіз результатів експериментального дослідження процесу конденсації пари з парогазової суміші на поверхні циліндричного вільностікаючого струменя рідини (частина 1). *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2018. Т. 24, № 1, С. 175—180.
2. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат, 1979. 416 с.

3. Исаченко В. П., Солодов А. П. Теплообмен при конденсации пара на сплошных и диспергированных струях жидкости. *Теплоэнергетика*. 1972. № 9. С. 24—27.
4. Зингер Н. М. О нагреве струи воды в паровом пространстве. Вопросы теплообмена при изменении агрегатного состояния вещества. М.: Госэнергоиздат. 1953. С. 81—91.
5. Ермолов В. Ф. Экспериментальное исследование тепло- и массообмена в пучке струй воды, омываемых поперечным потоком пара или паровоздушной смеси при вакууме. *Труды ЦКТИ*. 1965. Вып. 63. С. 53—63.
6. Ерьско Г. А. Нагрев струй жидкости паром. *Известия вузов. Энергетика*. 1965. № 1. С. 44—46.
7. Мочалова Н. С., Холпанов Л. Н., Малюсов В. А., Жаворонков Н. М. Теплообмен при конденсации пара на турбулентных струях жидкости с учетом входного участка. *Инженерно-физический журнал*. 1983. Т. 44, № 6, С. 901—908.
8. Benedek S. Heat transfer at the condensation of steam on turbulent water jet. *Int. J. Heat and Mass Transfer*. 1976. Vol. 19. P. 448—450.
9. Iciek J. The hydrodynamics of a free liquid jet and their influence on direct contact heat transfer — III. Direct contact heating of a cylindrical free falling liquid jet. *Int. J. Multiphase Flow*. 1983. Vol. 9. P. 167—179.
10. Исаченко В. П., Сотсков С. А., Якушева Е. В. Исследование теплообмена при конденсации водяного пара на турбулентных струях воды. *Труды МЭИ*. 1975. Вып. 235. С. 145—152.
11. Исаченко В. П., Солодов А. П., Самойлович Ю. З., Кушнырев В. И., Сотсков С. А. Исследование теплообмена при конденсации пара на турбулентных струях жидкости. *Теплоэнергетика*. 1971. № 2. С. 7—10.
12. Kim S. and Mills A. F. Condensation on coherent turbulent liquid jets: Part I — Experimental Study. *ASME Journal of Heat Transfer*. 1989. Vol. 111. P. 1068—1074.

УДК 663.4 (0.35)

AIR DRYER BASED ON CLOSED ENERGY AND MATERIAL CIRCUITS

O. Shevchenko, O. Stepanets, S. But, V. Kostyuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Drying
Iso-enthalpy process
Closed loop
Heat pump
Condensation*

Article history:

Received 02.07.2019
Received in revised form
15.07.2019
Accepted 12.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article deals with the analysis of iso-enthalpy processes of drying wet materials using the example of food technology, in which the drying agent is air. A well-known thermodynamic foundation relating to a binary mechanical mixture of dry air and water vapor has been used to analyze the prospects for creating closed energy circuits. Their realization is possible due to the removal from the exhaust air of steam in condensation mode with the transfer of its thermal potential to the thermodynamic agent of the heat pump in the evaporator of the latter. The increase in pressure and temperature ensures the return of the heat potential to the air flow in the condenser. Creating a closed loop drying agent eliminates energy losses during the iso-enthalpy drying process that take place in traditional technologies. In such conditions, the restoration of the drying properties of the air stream is achieved by condensation and extraction of water vapor, followed by the restoration of the temperature parameters of the air.

The purpose of the study — is the theoretical substantiation of the thermodynamic feasibility of creating dryers with closed energy circuits.

The materials and methods of the study relate to an in-depth analysis of energy-material flows based on the laws of thermodynamics, material and energy balances, the provisions of the theory of heat and mass transfer in humid environments. It is envisaged that the drying process is carried out under the conditions of an isobaric process at a pressure close to atmospheric pressure.

Results of the study: analytical material concerning the parameters of the drying processes in a two-circuit system in which flows of the drying agent in the presence of processes of evaporation and condensation of water vapor and the circuit of the heat pump are presented. The combination of closed circuits of the drying agent and the heat pump is proposed in the patent of Ukraine 61437 “Device for drying malt” and allows the re-use of the potential of iso-enthalpy drying processes at the expense of the latter's compressor energy costs.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-4-15

ПОВІТРЯНА СУШАРКА НА ОСНОВІ ЗАМКНУТИХ ЕНЕРГОМАТЕРІАЛЬНИХ КОНТУРІВ

О. Ю. Шевченко, О. І. Степанець, С. А. Бут, В. С. Костюк
Національний університет харчових технологій

Стаття стосується аналізу ізоентальпійних процесів сушіння вологих матеріалів на прикладі харчових технологій, в яких сушильним агентом є повітря. Відоме термодинамічне підґрунтя, що стосується бінарної механічної суміші сухого повітря і водяної пари, використане для аналізу перспектив створення замкнутих енергоматеріальних контурів. Їх реалізація можлива за рахунок вилучення з відпрацьованого повітря водяної пари в режимі конденсації з передаванням її теплового потенціалу термодинамічному агенту теплового насоса у випарнику останнього. Підвищення в ньому тиску і температури забезпечує повернення теплового потенціалу повітряному потоку в конденсаторі. Створення замкнутого контуру сушильного агента виключає енергетичні втрати під час ізоентальпійного процесу сушіння, які мають місце в традиційних технологіях. У таких умовах відновлення осушувальних властивостей повітряного потоку досягається конденсацією і вилученням водяної пари з подальшим відновленням температурних параметрів повітря.

Мета дослідження — теоретичне обґрунтування термодинамічної доцільності створення сушарок із замкнутими енергетичними контурами. Матеріали і методи дослідження стосуються поглибленого аналізу енергоматеріальних потоків на основі закономірностей термодинаміки, матеріальних та енергетичних балансів, положень теорії тепло- і масоперенесення у вологих середовищах. Передбачено, що реалізація процесу сушіння здійснюється в умовах ізобарного процесу за тиску, наближеного до атмосферного.

Наведено аналітичний матеріал, що стосується параметрів процесів сушіння у двоконтурній системі, в якій задіяні потоки сушильного агента за наявності процесів випарювання і конденсації водяної пари та контур теплового насоса. Поєднання замкнутих контурів сушильного агента і теплового насоса, яке забезпечує багатократне використання потенціалу ізоентальпійних процесів сушіння за рахунок енергетичних витрат компресора останнього, запропоновано в патенті України 61437 «Пристрій для сушіння солоду».

Ключові слова: сушіння, ізоентальпійний процес, замкнутий контур, тепловий насос, конденсація.

Постановка проблеми. Сировинні потоки агропромислового комплексу у початковому вигляді синтезуються в результаті взаємодій у колообігах води, діоксиду вуглецю та абіотичних складових за взаємодії з квантами світлової енергії сонячного проміння. Перебіг таких реакцій має місце в розчинах води, наявність якої відмічається у більшості результатів такого синтезу.

Водночас технологіями переробки матеріальних сировинних потоків на різних етапах передбачається обмеження вмісту вологи. Це стосується про-

цесів сушіння цукру-піску і цукру-рафінаду, жому, кормових дріжджів і барди цукрових заводів, солодів пивзаводів, крохмалю, сухого молока, овочів і фруктів тощо. Сухарі, макарони, пастила — це теж продукти процесів сушіння [1].

Обмеження вологості харчових продуктів визначається потребою подовження термінів зберігання і особливостями умов транспортування, а вибір технології сушіння залежить від таких факторів, як величина сировинного потоку, форма зв'язків вологи з продуктом, вид вологої сировини, глибина видалення вологи, швидкість здійснення процесу сушіння та конструктивні особливості сушарки [2; 3].

У значній кількості випадків у процесах сушіння використовується нагріте повітря як сушильний агент. Бінарна механічна суміш сухого повітря і водяної пари називається *вологим повітрям*. Повітря взагалі є газовою сумішшю, але оскільки склад сухого повітря в процесах сушіння є стабілізованим, то його розглядають як ідеальний газ. Вода в суміші з повітрям може існувати в різних станах. Так, у вологому повітрі вода у більшості представлена у перегрітому стані, який називають *ненасиченим*. За наявності у вологому повітрі сухої насиченої пари такий стан має назву *насиченого*, а за наявності краплин води або кристалів льоду стан називають *перенасиченим* [4].

Наявність у суміші ідеальної компоненти (повітря) і реальної компоненти (води) в кількості, яка не може бути довільною, складає принципову відмінність між вологим повітрям та ідеальними газовими сумішами. За обмеженої кількості водяної пари суміш наближається до ідеальної, оскільки остання знаходиться в помітно розрідженому стані. Тоді до неї можливим є застосування закону Дальтона [4; 5] у формі:

$$P_a = P_{c.п.} + P_n, \quad (1)$$

де P_a — атмосферний тиск, Па; $P_{c.п.}$ — парціальний тиск сухого повітря, Па; P_n — парціальний тиск водяної пари, Па.

У процесах енергомасообмінного процесу здійснюються трансформації середовища зі збільшенням відносної вологості $\varphi_2 > \varphi_1$ й абсолютної вологості $d_2 > d_1$. Граничному стану відповідає повне насичення при значення $\varphi = 100\%$ з відповідним охолодженням. Подальше зниження температури означає початок і перебіг перехідного процесу з обмеженням значень φ і d . Очевидно, що за такої організації процесів досягається наближення до відновлення осушувальних властивостей повітряного потоку з можливістю створення замкнутого контуру, який логічно доповнити контуром теплового насоса. При цьому в матеріальному контурі повітряного потоку наявні процеси фазових переходів випаровування і конденсації пари з відповідними енергетичними навантаженнями, які доповнюються нагріванням і охолодженням газової фази. Особливості перебігів цих взаємодій знайшли своє відображення в значній кількості досліджень з повноцінним обґрунтуванням того, що контактування між сушильним агентом і висушувальним матеріалом є ізентальпійним процесом [4; 6]. Останнє є ґрунтовною причиною переходу до створення замкнутого енергетичного контуру за рахунок утримання в ньому потенціалу ізентальпійного процесу [2; 3; 7; 8]. Оскільки завдання

відновлення осушувальних властивостей повітряного потоку здійснюється при його охолодженні і конденсації парової фази, то важливо, щоб цей енергетичний потік не був втраченим, але трансформованим до рівня високопотенціального за рахунок контуру теплового насоса і в конденсаторі останнього поверненим до повітряного потоку [8—11].

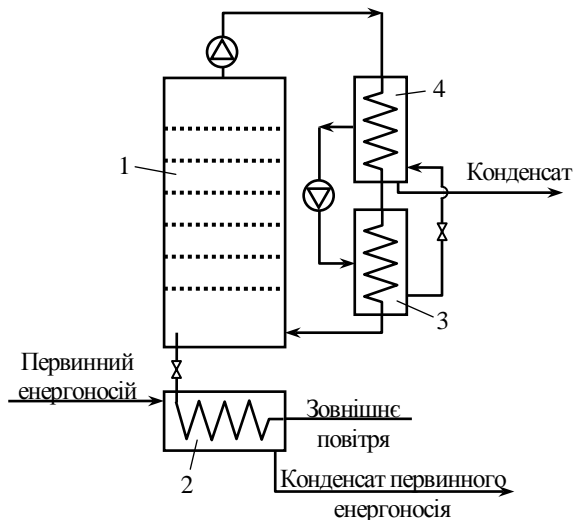


Рис. 1. Сушильна установка з двома замкнутими енергетичними контурами:
 1 — сушарка — випарник вологи; 2 — пусковий підігрівач повітря; 3 — конденсатор теплового насоса і підігрівач повітря; 4 — конденсатор випареної вологи і випарник теплового насоса

Створення замкнутого контуру сушильного агента означає виключення енергетичних втрат, а саме: потенціалу ізоентальпійного процесу, що має місце в традиційних технологіях сушіння. Це означає необхідність використання первинних енергоносіїв лише в період перехідного процесу пуску системи. В усталеному режимі подвійну роль термодинамічного компенсатора виконує тепловий насос, робота якого характеризується стабільними параметрами тиску і температури контуру сушильного агента і власного замкнутого контуру з теплохолодильним агентом (рис. 1). Подвійна роль теплового насоса пов'язана з забезпеченням осушувальної здатності замкнутого повітряного контуру.

Мета дослідження: теоретичне обґрунтування термодинамічної доцільності синтезу сушарок із замкнутими енергетичними контурами.

Матеріали і методи дослідження стосуються поглибленого аналізу енерго-матеріальних потоків у процесах сушіння вологих матеріалів з використанням повітря в ролі сушильного агента на основі закономірностей термодинаміки, енергетичних та матеріальних балансів, теорії тепло- і масоперенесення у вологих середовищах та з урахуванням особливостей видів зв'язків вологи з висушуваними матеріалами. Передбачається, що реалізація сушіння здійснюється в умовах ізобарного процесу за значення тиску, наближеного до атмосферного.

Процеси охолодження сушильного агента і конденсації парової фази та подальшого нагрівання також розглядаються за термодинамічних параметрів, що відповідають $I-d$ діаграмі.

Замкнутому контуру теплового насоса відводиться роль теплохолодильної установки (ТХУ), завдяки якій енергетичний потенціал ізоентальпійного процесу постійно доповнюється потенціалом роботи його компресора. Співвідношення останнього і величини енерговитрат з конденсатом, що виводиться з системи, оцінюється на основі енергоматеріальних балансів. Ідеалізований замкнутий контур холодильного агента розглядається як такий, що відповідає зворотному циклу Карно з трансформаціями у складі двох адіабат і двох ізотерм.

Статика процесів сушіння стосується визначення зв'язків між початковими і кінцевими параметрами речовин, які беруть участь у сушінні при застосуванні рівнянь матеріального і теплового балансів. Статика сушіння дає змогу визначити масу випареної вологи, витрати сушильного агента і теплової енергії.

У зв'язку з викладеним звернемося до традиційних способів сушіння та їх математичних формалізацій. Процес з одноразовим використанням повітря називають основним або нормальним процесом. Інші варіанти відрізняються способами підведення теплоти до сушильного агента або випадкам з рециркуляцією частини відпрацьованого холодильного агента. Їм відповідають системи з процесами сушіння з додатковим підігріванням повітря в сушильній камері, системи з проміжним підігріванням повітря або сушарки з частковим поверненням відпрацьованого повітря. Останнє дає можливість обробляти матеріали, що витримують сушіння лише у вологому повітрі, а також вести сушильний процес за незначної різниці температур повітря на вході в сушарку і на виході з неї.

Термодинамічна досконалість сушильної установки оцінюється кількістю теплоти, яку необхідно ввести в калорифер для нагрівання повітряного потоку для випаровування 1 кг вологи [6]:

$$q_k = \frac{I_1 - I_0}{x_2 - x_0}, \text{ кДж/кг}, \quad (2)$$

де I_1 та I_0 — відповідно, ентальпії повітряного потоку сушіння і повітря на вході в калорифер; x_2 та x_0 — відповідно, кінцевий і початковий вологовміст.

Недоліком наведеної залежності є те, що вона характеризує систему в цілому, а не має вказівок щодо цільового завдання процесу сушіння. Досконалість останнього запропоновано [4; 6] оцінювати величиною ККД сушильної установки:

$$\eta = \frac{r(x_2 - x_1)}{I_1 - I_0}, \quad (3)$$

де r — теплота фазового переходу води (прихована теплота випаровування), кДж/кг. Значення r та I_0 пропонується визначити при температурі повітря $+15^\circ\text{C}$.

Існуючі спроби удосконалення сушильних процесів, у тому числі на рівні здійснення енергетичної рекуперації, призводять до підвищення ККД на 10...15%.

Подальші міркування пов'яжемо з витратами абсолютно сухого повітря на висушування:

$$L = \frac{w}{x_2 - x_1}, \text{ кг}, \quad (4)$$

де w — кількість вологи, що видаляється, кг.

Питомі витрати повітря складають:

$$\ell = \frac{L}{w} = \frac{1}{x_2 - x_1}, \text{ кДж/кг}. \quad (5)$$

Режим підготовки повітря потребує нагрівання в калорифері і супроводжується сталим значенням вологовмісту, отже $x_1 = x_0$, де x_0 — вологовміст зовнішнього повітря, тому питомі витрати повітря:

$$\ell = \frac{1}{x_2 - x_1} = \frac{1000}{d_2 - d_0}, \text{ кДж/кг}. \quad (6)$$

Отже, повітряний потік виконує функцію матеріального носія парової фази і одночасно роль носія енергетичного потенціалу. Він контактує з вологим матеріалом: йому не додається додаткової енергії і він не втрачає привнесеної теплоти. При цьому мають місце енергоматеріальні трансформації, за яких кількість теплоти, що втрачає повітря в процесі сушіння, дорівнює кількості теплоти, що повертається назад у повітря з випаруваною вологою. Саме тому в ідеальній сушарці процес сушіння є ізентальпійним.

Ентальпія вологого повітря I визначається сумою ентальпій 1 кг сухого повітря і d кг водяної пари:

$$I = i_{\text{с.п.}} + d i_{\text{п.}} \quad (7)$$

Для ненасиченого повітря ентальпію розраховують за виразом:

$$I = c_p^{\text{с.п.}} t + (r + c_p^{\text{п.п.}} t) d = c_p^{\text{с.п.}} t + d (2500 + 1,93t), \quad (8)$$

де $r = 2500$ кДж/кг — теплота пароутворення води при $t = 0^\circ\text{C}$; d — масовий вологовміст, $d = m_{\text{п.}}/m_{\text{с.п.}}$, г водяної пари/кг сухого повітря; $c_p^{\text{с.п.}} = 1,0$ кДж/(кг·К) — ізобарична масова теплоємність сухого повітря; $c_p^{\text{п.п.}} = 1,93$ кДж/(кг·К) — теплоємність перегрітої пари.

Для насиченого вологого повітря залежність (2) трансформується до виду:

$$I = c_p^{\text{с.п.}} t + d_{\text{п.}} (2500 + 1,93t), \quad (9)$$

де $d_{\text{п.}}$ — кількість сухої насиченої пари.

Масово-енергетичний контур відповідно до умов (7)—(9) відображує процес, в якому повітря передає свою теплоту вологій фракції матеріалу, яка нагрівається і випаровується. Утворена пара з теплом, одержаним від повітря,

зміщується з ним, забезпечуючи сталі значення ентальпії в системі за зменшення температури. Якщо повітря на вході в сушильну камеру має параметри t_1 , d_1 , φ_1 і відповідно на виході — t_2 , d_2 , φ_2 , то при цьому маємо співвідношення:

$$t_2 < t_1; d_2 > d_1; \varphi_2 > \varphi_1; i_2 = i_1, \quad (10)$$

де φ_1 і φ_2 — відповідні значення відносної вологості.

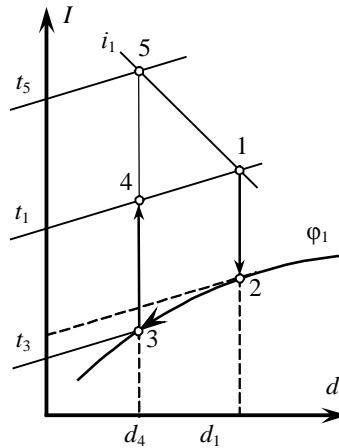


Рис. 2. Процеси охолодження і осушування повітря в діаграмі $I-d$

З наведеного випливає, що в процесах сушіння відбувається перерозподіл енергетичних потенціалів між їх матеріальними носіями за наявності фазового переходу, який є причиною названих трансформацій. Разом з тим виконання умови $i_1 = i_2 = const$ приводить до висновку про доцільність відновлення осушувальної здатності задіяного повітряного потоку зі збереженням в ньому енергетичного потенціалу. Очевидно, що повернення первинної осушувальної здатності пов'язано з вилученням з нього парової фази в режимі її конденсації. Це означає необхідність охолодження середовища до точки роси і подальшого охолодження за відносної вологості $\varphi = 1$. Виконання такого процесу має відбуватися в конденсаторі з тепловідведенням до проміжного теплового агента, який перебуває в стадії фазового переходу кипіння. Термодинамічні трансформації повітряно-парового середовища відображені на рис. 2. Охолодження в процесі 1–2 при значенні d_1 приводить до точки роси, а подальше охолодження до точки 3. При цьому вилучення парової фази становить різницю $d_1 - d_3$. Процес 3–4 (нагрівання) змінює температуру середовища до значення t_1 , однак вийти на повторення процесу 1–2 можливо тільки нагріванням до значення t_5 (точка 5 на перетині вертикалі 3–4 і ентальпії i_1). Таким чином, режиму осушування і відновлення осушувальних властивостей повітря відповідає цикл у рамках сукупності процесів 1–2–3–4–5–1. В його складі ізоентальпійний процес 5–1, ізобаричні охолодження 1–2 і конденсація 2–3 парової фази, ізобаричне нагрівання 3–4–5.

Точці 1 відповідає вихід повітро-парової суміші за межі сушильної камери і перехід в теплообмінник-конденсатор. Ділянка 1–2 відображує режим охолодження з тепловідведенням в кількості:

$$Q_{1-2} = c_p^{b.n.} (t_1 - t_2), \text{ кДж/кг.} \quad (11)$$

На ділянці 2—3 тепловідведення складе:

$$Q_{2-3} = c_p^{b.n.} (t_2 - t_3) + r(d_1 - d_4), \text{ кДж/кг.} \quad (12)$$

Воно супроводжується відведенням конденсату.

Сума значень теплових потенціалів Q_{1-2} і Q_{2-3} сприймається проміжним тепловим агентом термодинамічного трансформатора (теплого насоса) в режимі фазового переходу. Стискання одержаної газової фази в механічному компресорі або в абсорбційному тепловому насосі підвищує її температуру. В конденсаторі теплового насоса здійснюється нагрівання повітряного потоку в режимі конденсації проміжного теплового агента. Цій взаємодії і нагріванню повітряного потоку відповідає відрізок 3–5 з математичним відображенням у формі:

$$Q_{3-5} = c_p^{b.n.} (t_2 - t_3), \text{ кДж/кг.} \quad (13)$$

Досягнення температури t_5 означає вихід на ізентальпію i_1 . Величина тепловідведення, що досягається у випарнику теплоохолодильної установки:

$$Q_{т.х.у.} = Q_{1-2} + Q_{2-3} + r(d_1 - d_4), \text{ кДж/кг.} \quad (14)$$

Теоретична кількість теплоти, що передається повітряному потоку в конденсаторі теплоохолодильної установки:

$$Q'_{т.х.у.} = Q_{т.х.у.} + \ell_{\text{ком}} = Q_{1-2} + Q_{2-3} + r(d_1 - d_4) + \ell_{\text{ком}}, \text{ кДж/кг,} \quad (15)$$

де $\ell_{\text{ком}}$ — робота компресора ТХУ.

Сукупність залежностей (4)–(6) і (11)–(15) дає змогу визначити аеродинамічні параметри вентилятора для забезпечення необхідного повітряного потоку і термодинамічні параметри теплоохолодильної установки. Режими роботи системи визначаються потрібною динамікою вилучення вологи. За умови неперервного процесу сушіння має місце наближення до усталених і стабілізованих значень параметрів, а в умовах циклічних процесів виникає необхідність у відповідних кореляціях повітряних потоків і термодинамічних параметрів роботи ТХУ. Сучасні можливості технічного забезпечення дають змогу здійснювати програмоване регулювання системи або в режимах неперервного контролю та відповідних кореляцій.

Поєднання замкнутих контурів сушильного агента і теплового насоса запропоновано в патенті України 61437 [12], який стосується пристрою для сушіння солоду, хоча його фізична суть відповідає широкому переліку технологічних процесів. Формула винаходу сформульована так: «Пристрій для сушіння солоду, що складається з сушарки, теплогенератора, калорифера, теплообмінника і вентиляторів, який відрізняється тим, що контур сушиль-

ного агента виконано замкнути з включенням до нього випарника і конденсатора теплового насоса».

Висновки

Ізоентальпійний, або адіабатний процес сушіння вологого матеріалу повітряним сушильним агентом означає доцільність створення замкнутого енергоматеріального контуру, метою якого є зменшення енергетичних витрат за рахунок відновлення осушувальних властивостей повітря на основі використання термодинамічних перетворювачів у формі теплових насосів. Така рекупераційна система придатна для роботи з сушарками неперервної і циклічної дії. Використання теплового насоса забезпечує відновлення осушувальних властивостей замкнутого повітряного потоку за рахунок конденсації парової фази в режимі охолодження і подальшого нагрівання. Результатом такої взаємодії двох контурів є майже 100% повернення в систему енергетичного потенціалу з додатковим доповненням за рахунок роботи компресора теплового насоса.

Перехідний процес пуску системи здійснюється з використанням первинного енергоносія в пусковому підігрівачі нагріванням повітря, що наявне в контурі. Спільною рисою кожного з двох контурів є перебіг в них фазових переходів випаровування-конденсації, що визначає високе енергетичне навантаження їх матеріальних носіїв на рівнях, які відповідають тепловим трубам. Енергетичні витрати на систему визначаються забезпеченням роботи вентиляторів і компресора теплового насоса.

Наступний етап дослідження пов'язаний з розробкою технічного проекту.

Література

1. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. Київ: Техніка, 2006. 319 с.
2. Wang J. F., Brown C., Cleland D. J. (2018), Heat pump heat recovery options for food industry dryers, *International Journal of Refrigeration*, Vol. 86, February 2018, P. 48—55. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700717304826> (дата звертання 15.08.2019).
3. ShaoweiChai, Xiangyu Sun, Yao Zhao, Yanjun Dai (2019), Experimental investigation on a fresh air dehumidification system using heat pump with desiccant coated heat exchanger, *Energy*, Vol. 171, 15 March 2019, P. 306—314. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544219300258> (дата звертання 15.08.2019).
4. Буляндра О. Ф. Збірник задач з технічної термодинаміка. Київ: НУХТ, 2015. 394 с.
5. Константинов С. М. Збірник задач з технічної термодинаміки. Київ: Політехніка, 2002. 308 с.
6. Малезик І. Ф., Немирович П. М., Марценюк О. С. та ін. Процеси і апарати харчових виробництв. Київ: НУХТ, 2003. 400 с.
7. Xu Z. Y., Wang R. Z., Chun Yang (2019), Perspectives for low-temperature waste heat recovery, *Energy*, Vol. 176, 1 June 2019, P. 1037—1043. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544219306140> (дата звертання 15.08.2019).
8. Feng Huang, Jie Zheng, J. M. Baleynaud, Jun Lu (2017), Heat recovery potentials and technologies in industrial zones, *Journal of the Energy Institute*, Vol. 90, Is. 6, December 2017, P. 951—961. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1743967115304487> (дата звертання 15.08.2019).
9. Changchun Liu, Zefeng Wang, Wei Han, Qilan Kang, Meng Liu (2019), Working domains of a hybrid absorption-compression heat pump for industrial applications, *Energy*

Conversion and Management, Vol. 195, 1 September 2019, P. 226—235. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890419305606> (дата звертання 15.08.2019).

10. Bin Hu, Shengzhi Xu, R. Z. Wang, Hua Liu, Luyao Han, Zhiping Zhang, Hongbo Li (2019), Investigation on advanced heat pump systems with improved energy efficiency, Energy Conversion and Management, Vol. 192, 15 July 2019, P. 161—170. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890419304431> (дата звертання 15.08.2019).

11. Paul Byrne, Redouane Ghouali (2019), Exergy analysis of heat pumps for simultaneous heating and cooling, Applied Thermal Engineering, Vol. 149, 25 February 2019, P. 414—424. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431118341723> (дата звертання 15.08.2019).

12. Пристрій для сушіння солоду: пат на кор. модель 61437 Україна: МПК С12С 1/00 (2011.01) / Піддубний В. А., Соколенко А. І.; власник НУХТ. № u201013374; заявл. 10.11.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14.

УДК 536.7

THERMODYNAMIC DETERMINATION OF
PARAMETERS OF PHASE TRANSITIONS
IN THE CONDITIONS OF VACUUM TECHNOLOGIES

A. Sokolenko, I. Maksymenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Thermal pasteurization
Sterilization
Parameters of phase
transitions
Vacuum technologies*

Article history:

Received 08.07.2019
Received in revised form
05.08.2019
Accepted 15.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The paper provides information about modern technologies of application of vacuum processing of media in the processes of phase transitions in the modes of evaporation, crystallization, drying, food packaging etc. A common ground of these technologies is universal for the relationship between pressure and temperature of phase transitions. The latter led to the creation of discrete-impulse technologies, closed energy circuits, methods of intensification of mass and energy exchange processes, etc.

The parameters of transition processes at variable pressures in liquid media of food production are theoretically substantiated. The differences of technologies of vacuum processing of media on the basis of regularities of phase transitions, energy and material balances in the conditions of adiabatic processes have been determined.

The modern directions of combination of vacuum and other physical methods of processing of food media with the purpose of obtaining and stabilizing aseptic states have been generalized. The possibility of estimation of the boundaries of thermodynamic transformations of constituent media with the use of tabular data of water and water vapor and ratios relating to adiabatic compression of gases has been determined.

It has been found that for the wet saturated vapor zone, the determination of adiabat analogues requires a new proposed computational model. Data on energy costs for secondary vapor compression and energy recovery efficiency are given. The transient processes of vacuum packaging of products are related to the variable dynamics of the pressures and temperatures of the liquid and vapor phases, the regularities of which require further investigation.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-4-16

ТЕРМОДИНАМІЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ В УМОВАХ ВАКУУМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

А. І. Соколенко, І. Ф. Максименко

Національний університет харчових технологій

У статті наведено інформацію про сучасні технології застосування вакуумної обробки середовищ у процесах фазових переходів в режимах випарювання, кристалізації, сушіння тощо та за пакування харчової продукції. Загальним у названих технологіях є спільне підґрунтя, яке стосується залежностей між тиском і температурою фазових переходів. Останнє привело до створення дискретно-імпульсних технологій, замкнених енергетичних контурів, методів інтенсифікації масо- і енергообмінних процесів тощо.

Теоретично обґрунтовано параметри перехідних процесів за змінних тисків у рідинних середовищах харчових виробництв. Визначено відмінності технологій вакуумної обробки середовищ на основі закономірностей фазових переходів, енергетичних і матеріальних балансів в умовах адіабатних процесів.

Узагальнено сучасні напрями поєднання вакуумних та інших фізичних методів оброблення харчових середовищ з метою одержання і стабілізації асептичних станів. Визначено можливість оцінок меж термодинамічних трансформацій складових середовищ з використанням табличних даних води і водяної пари та співвідношень, які стосуються адіабатного стискання газів.

З'ясовано, що для зони вологої насиченої пари визначення аналогів показників адіабат потребує нової запропонованої розрахункової моделі. Наведено дані щодо енергетичних витрат на стискання вторинної пари та ефективності енергетичної рекуперації. Перехідні процеси вакуумного упакування продукції пов'язані зі змінною динамікою тисків і температур рідинної та парової фаз, закономірності перебігу яких потребують подальших досліджень.

Ключові слова: теплова пастеризація, стерилізація, параметри фазових переходів, вакуумні технології.

Постановка проблеми. Беззаперечним лідером серед технологій, що забезпечують виробництво продукції довготермінового зберігання, до останнього часу були методи теплової пастеризації та стерилізації. Їхньою головною перевагою є стовідсоткова гарантія отримання заданого результату за всіма показниками харчових продуктів, а до недоліків відносяться значні енергетичні витрати.

Забезпечення екологічної безпеки продуктів харчування є одним з найважливіших завдань будь-якої технології. З цієї точки зору представляють інтерес вакуумні технології пакування, промислове становлення яких відбулося у 50-х роках минулого сторіччя. Сфера їх використання стосується значного переліку продукції (м'ясо, риба, овочі, фрукти, соки, сири, ковбасні вироби, морепродукти тощо) [1—5]. Таке поширення пов'язане з гарантованою

безпекою вакуумного пакування і достатньо високим технічним рівнем універсального обладнання.

Проте, незважаючи на існуючі досягнення вакуумних технологій упакування, до останнього часу не розроблена завершена теорія фізичних, хімічних, гідро- та аеромеханічних явищ, що визначають стан продукції в періоди перехідних процесів і для їх завершення, а також стан мікрофлори, що супроводжує цю продукцію [6—10].

Відомо, що терміни зберігання продукції в багатьох випадках пов'язують з рівнем їх вологості. На вакуумне упакування продукція подається в стані рівноважної вологості з повітрям оточуючого середовища. Величина останньої, як відомо, визначається для кожного продукту з урахуванням відносної вологості повітря ϕ . Діапазон зміни вологості продукції достатньо великий, але в промислових умовах він суттєво обмежений коливаннями відносної вологості ϕ . Однак рівноважна вологість продукту повинна враховуватись при виборі параметрів вакуумування й упакування.

В умовах вакуумування продукту найбільшій дії слід очікувати на вологу з механічною формою зв'язку (міжклітинну вологу). Волога з абсорбційним та осмотичним зв'язком найчастіше взагалі не реагує на вакуумування. Внутрішньоклітинну вологу вакуумуванням перевести до метастабільного стану значно складніше [11; 12].

Додатковим фактором, що впливає на стан вакуумованого матеріалу, є подовженість процесу. Феноменологічні міркування приводять до висновку, що збільшення часу витримки при інших рівних умовах повинно збільшувати кількість парової фази, що утворюється згідно з наслідками. Крім того, подовжений час вакуумування призводить до зниження температури матеріалу в умовах обмеженого теплопритоку від внутрішніх шарів. У результаті парутворення в локальних зонах наближається до адіабатного процесу. Однак граничні стани між ізотермічним і адіабатним процесами практично не вносять помітних впливів на фізику процесів, що відбуваються.

Отже, визначальними факторами вакуумування є тиск у камері, температура продукту і час процесу. Сукупність цих факторів закладається, як правило, в технологічні можливості обладнання для виробництва вакуумних упаковок. Подальше удосконалення технологій і обладнання для вакуумного упакування продукції пов'язано з пошуком оптимальних співвідношень параметрів по кожному виду продукції, у тому числі з комбінаціями з іншими фізичними впливами [13—16].

Поява в моделюванні процесів вакуумування термодинамічних характеристик пояснюється тим, що частіше за все продукти харчування мають у своєму складі тверду, рідку і газову фракції, дві останні з яких миттєво реагують на зміну тиску. Це пояснюється взаємозв'язком між тиском і температурою ізольованого газового об'єму і залежністю температури кипіння рідкої фази від тиску.

Швидке падіння тиску під час вакуумування продукції, яка містить велику кількість води, призводить до порушення стану її термодинамічної рівноваги з навколишнім середовищем, що відповідає початку переходу до нового

стану рівноваги. У зв'язку з цим існує необхідність уточнити можливі і доцільні межі глибини вакуумування.

За визначеного тиску вакуумування досягається температура адіабатного кипіння середовища, а активне перетворення супроводжується стрімким падінням її температури. При цьому енергетичне забезпечення пароутворення відбувається за рахунок енергетичного потенціалу самого середовища.

Пароутворення стосується міжклітинної й обмежено внутрішньоклітинної вологи продукції рослинного або тваринного походження та супроводжується руйнуванням міжклітинних структур і цитоплазматичних оболонок. Руйнування цитоплазматичних оболонок клітин стосується також і мікрофлори, яка супроводжує продукцію. Це забезпечує досягнення асептичного стану продукції, яка підлягає вакуумній обробці.

Важливо відмітити при цьому відносно низькі температури середовищ, за яких незмінними залишаються вітамінні та інші комплекси, цінні біологічні структури, органолептичні й ароматичні речовини. При застосуванні класичних технологій теплової пастеризації або стерилізації продукції втрати вказаних речовин неминучі. Тому до відмічених двох позитивів вакуумної обробки продукції додається третій, пов'язаний з летальними ефектами мікроорганізмів на поверхні або в об'ємі (вода, напої) оброблених середовищ.

Наступний позитивний вплив вакуумування пов'язаний з видаленням з середовищ, що обробляються, повітря (кисню), розчиненого в рідинній фракції. Причиною такого впливу є відома залежність між розчинністю газу C_n у рідинній фазі і його парціальним тиском P у газовій фазі (закон Генрі):

$$C_n = kP, \quad (1)$$

де k — коефіцієнт пропорційності, відомий як константа Генрі.

Константа Генрі залежить від фізичних і хімічних властивостей рідинної фази, газів і температури середовища. Зменшення останньої збільшує розчинність газів і навпаки.

На основі вказаного закону відбуваються процеси дегазації, деаерації води і розчинів на її основі. З точки зору інтересів цих процесів, температуру середовищ доцільно підвищувати, а тиск вакуумування — зменшувати.

Але взаємозв'язок між тиском і температурою середовища в режимі адіабатного кипіння відомий і не сприяє глибині видалення газової фази, оскільки розчинність останньої зростає зі зниженням температури. Тому, вибираючи термодинамічні параметри вакуумної обробки, необхідно визначитися з набором тих процесів, які бажано (або небажано) мати при пакуванні продуктів.

Якщо режими адіабатного кипіння бажані для збільшення соковіддачі від продукції рослинного походження, то до початку вакуумної обробки її доцільно підігріти до $t = 35\text{—}40^\circ\text{C}$. За умови обмеження на поверхні м'ясних продуктів утворень у вигляді залишкових деформацій плівкових структур, їх перед вакуумним пакуванням, навпаки, доцільно охолодити, щоб температура адіабатного кипіння не досягалася.

Як бачимо, температура оброблюваного середовища і тиск виступають у ролі факторів впливу. При цьому для більшості зразків техніки для вакуум-

ного пакування за рахунок вибору відповідного режиму можливо посилювати або нівелювати ефекти адіабатного кипіння.

Як висновки до цієї частини огляду приведемо сконцентрований перелік позитивних результатів вакуумних технологій, зокрема і технологій вакуумного пакування харчової продукції:

- з навколишнього середовища, яке оточує продукт, видаляються кисень і мікрофлора повітря;

- при організації режимів адіабатного кипіння рідинної фракції мають місце летальні ефекти по мікрофлорі і досягається наближення до асептичного стану продукції;

- руйнування міжклітинних і клітинних структур сировини рослинного походження інтенсифікує процеси соковіддачі і підвищує вихід рідинної фракції;

- доповнення ефектів вакуумного пакування в режимах адіабатного кипіння рідинної фракції осмомолекулярною дифузиею створює можливість отримання високоякісних продуктів харчування.

Фазові переходи від рідинної складової до пари мають широке розповсюдження в харчових і мікробіологічних технологіях і стосуються процесів випарювання, перебігу окремих процесів дискретно-імпульсних технологій, вакуумного упакування продукції тощо.

Зниження тисків у системі парорідинного середовища приводить до обмеження температур його кипіння, що може мати різне призначення. Так, за використання кількості каскадної випарної станції 1 кг первинної пари дає змогу отримати 5...6 кг вторинної, що слід вважати важливим технічним результатом. Технології вакуумної обробки і вакуумного упакування продукції супроводжуються фізичними, термодинамічними і навіть летальними явищами по мікрофлорі, які потребують поглиблення інформації щодо перебігу їх перехідних процесів. Хоча загальні положення фізики перебігу названих процесів відомі, однак особливості їх організації потребують окремих уточнень і визначення термодинамічних параметрів.

Мета дослідження: теоретичне обґрунтування параметрів перехідних процесів за змінних тисків у рідинних середовищах харчових виробництв.

Матеріали і методи. Дослідження стосувалися особливостей і відмінностей технологій вакуумної обробки середовищ з відносно подовженим підтриманням у часі термодинамічних параметрів і за відповідного енергетичного забезпечення на основі створення замкнутих енергетичних контурів і перетворення внутрішньої енергії на основі закономірностей фазових переходів, енергетичних і матеріальних балансів в умовах процесів, наближених до адіабатних.

Результати і обговорення. Вакуумне випарювання рідинної фази супроводжується необхідністю безперервного підведення енергетичного потоку, який повинен компенсувати втрату теплової енергії у зв'язку з генеруванням парової фази. Така компенсація доповнюється енергетичними витратами, пов'язаними з виведенням з системи утворюваної парової фази за рахунок використання вакуумних насосів або термобарометричних конденсаторів.

При цьому очевидно, що за використання вакуумних насосів парова фаза повинна стискатися мінімально до величини атмосферного тиску або до показника, що атмосферний тиск перевищує. За вказаних умов виникає можливість використання вторинної пари в локальному енергетичному контурі для подальшого підтримання її генерування. Доцільність створення локального енергетичного контуру визначається показниками енергетичного балансу. Відомо, що теплота утворення парової фази і теплота її конденсації залежать від тисків, зі збільшенням яких вона зменшується. Це означає, що зі зближенням тисків випаровування середовищ і тисків виведення пари з системи різниця між теплою пароутворення і конденсації пари зменшується. З точки зору інтересів оцінки термодинамічних параметрів скористаємося умовами енергетичних балансів. При цьому враховується стан вологої насиченої пари за показниками тиску, температури і ступеня сухості x . Температура вологої пари є функцією тільки тиску, а величина ступеня сухості має визначальний вплив в енергетичних трансформаціях, що видно з діаграми $i-s$ (рис. 1), де i — ентальпія водяної пари, кДж/кг; s — ентропія пари, кДж/(кг·К) [17]. Пунктирними кривими тут позначені ізохори, а також представлені ізобари, ізотерми і лінії рівної сухості пари. Лінія ВВ — верхня гранична крива, нижче якої розташована зона вологої насиченої пари, а вище — зона перегрітої пари.

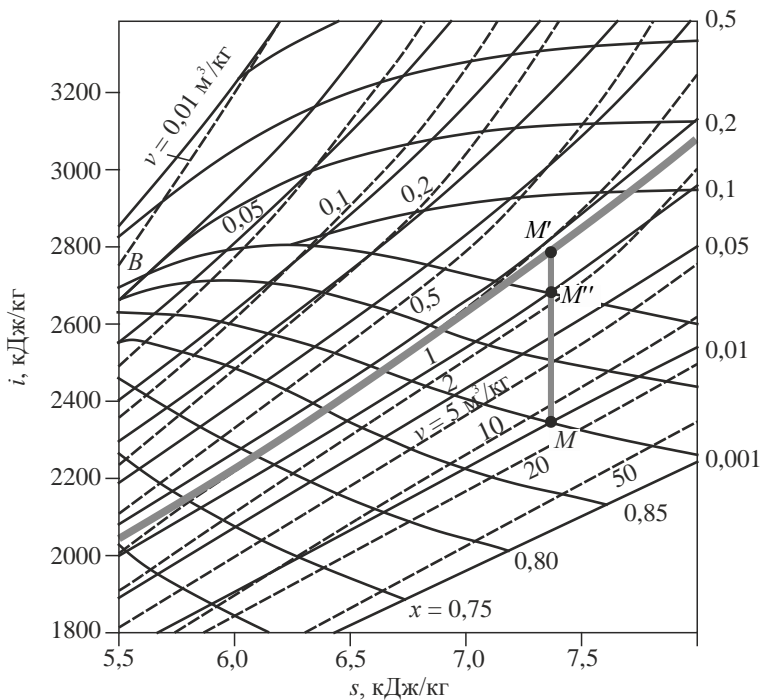


Рис. 1. $i-s$ діаграма для водяної пари

Ізобари в зоні вологої насиченої пари є прямими лініями, які одночасно є ізотермами, але в зоні перегрітої пари ізобари та ізотерми не збігаються. Стан

вологої насиченої пари визначається її тиском або температурою і ступенем сухості x . Температура вологої пари є функцією тільки тиску. Питомий об'єм вологої пари v_x залежить від тиску і ступеня сухості. Для тисків до 3 МПа і за умови $x \geq 0,8$ використовується з достатньою для технічних розрахунків точністю залежність:

$$v_x = v''x, \quad (2)$$

де v'' — питомий об'єм насиченої пари.

У зв'язку з відміченим в зоні вологої насиченої пари її термодинамічним параметрам відповідають точки перетину ізобар або ізотерм і кривих однакової сухості. Наприклад, режиму адіабатного стискання від параметрів в точці M відповідає відрізок $M - M'$ і точка M' розташована в зоні перегрітої пари. За ізобари, що відповідає тискам 0,1 та 1,0 і ступеня сухості $x = 0,9$, за діаграмою $i-s$ визначаємо ентальпії:

$$i_{0,1} = 2364 \text{ кДж/кг}; \quad i_{1,0} = 2684 \text{ кДж/кг}.$$

Для адіабатного процесу стискання пари пропонується залежність [17]:

$$pv^k = const. \quad (3)$$

Однак в останній умові k не є відношенням теплоємностей, а лише експериментально визначеним коефіцієнтом і для вологої пари:

$$k = 1,035 + 0,1x, \quad (4)$$

для сухої насиченої пари $k = 1,135$, а для перегрітої пари $k = 1,3$.

За наших умов при $x = 0,9$ отримаємо:

$$k = 1,035 + 0,1 \cdot 0,9 = 1,125. \quad (5)$$

Оскільки адіабата $M - M'$ перетинає лінію сухості $x = 1$, то це означає необхідність використання двох умов для визначення коефіцієнта k . Тоді для ділянки $M - M''$ маємо $k = 1,125$, а для ділянки адіабати $M'' - M' - k = 1,3$.

На основі принципу суперпозиції і з урахуванням знайдених значень k звернемося до оцінки можливості використання теоретичних співвідношень, які стосуються адіабатних процесів у теорії газів. Відомими є співвідношення між тисками і температурами газових середовищ в адіабатних процесах:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}; \quad T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}; \quad (6)$$

$$\ell = \frac{R}{k-1} (T_2 - T_1), \quad (7)$$

де P_1 і P_2 — відповідно, початковий і кінцевий тиски; T_1 і T_2 — початкова і кінцева абсолютні температури пари відповідно.

Для зазначеного тиску $P_1 = 0,1$ бара знайдемо [17] $t_1 = 45,83^\circ\text{C}$ або $T_1 = 318,98 \approx 319 \text{ К}$, а точці M'' відповідає тиск 0,9 бара.

З урахуванням умови (6) знайдемо:

$$T_2 = 319 \left(\frac{0,9}{0,1} \right)^{\frac{1,125-1}{1,125}} = 406,2 \text{ K} = 133,2^\circ\text{C}.$$

Однак тиску насиченої пари $P = 0,9$ бара відповідає температура $t = 96,71^\circ\text{C}$. Похибка визначення температури в точці M'' складає близько 38%, що не може вважатися задовільним результатом і, очевидно, що вона пов'язана з коефіцієнтом k , значення якого може бути уточненим за відомих термодинамічних параметрів. У зв'язку з цим запишемо:

$$\lg T_2 = \lg T_1 + \frac{k-1}{k} \lg \left(\frac{P_2}{P_1} \right). \quad (8)$$

Звідси отримаємо:

$$\frac{k-1}{k} = \frac{\lg T_2 - \lg T_1}{\lg \left(\frac{P_2}{P_1} \right)}. \quad (9)$$

І остаточно:

$$k = \frac{1}{1 - \frac{\lg T_2 - \lg T_1}{\lg \left(\frac{P_2}{P_1} \right)}}. \quad (10)$$

Підстановка значень T_1 , T_2 , P_1 та P_2 приводить до результату: $k = 1,073$.
За такого значення одержуємо:

$$T_2 = 319 \left(\frac{0,9}{0,1} \right)^{0,068} = 370,4 \text{ K} = 97,4^\circ\text{C}$$

і похибка визначення температури T_2 тепер складає 0,7%.

Виконаємо перевірку можливості використання визначеного параметра $k = 1,073$ в умовах стискання, що відбувається в зоні вологої насиченої пари. Нехай при цьому $P_1 = 0,5$ бара, $x = 0,9$, $T_1 = 354,5 \text{ K}$ і $P_2 = 1,0$ бара. Тоді

$$T_2 = 354,5 \left(\frac{1,0}{0,5} \right)^{0,068} = 411,62 \text{ K} = 99^\circ\text{C}.$$

У цьому різі відхилення значення T_2 складає 1% від табличного, що дає змогу вважати результат визначення показника k задовільним і таким, що може використовуватися в залежностях, які відповідають адіабатним процесам.

На цій основі визначимо роботу стискання 1 кг пари:

$$\ell = \frac{R}{k-1} (T_2 - T_1) = \frac{0,461}{0,073} (373 - 354,5) = 116,9 \text{ кДж/кг}.$$

Ентальпія вологої пари визначається з урахуванням ступеня сухості

$$i_x = i' + rx,$$

де i' — ентальпія води; r — теплота пароутворення.

Для наших умов визначаємо [17]: $P_1 = 0,5$ бара; $i'_1 = 340,57$ кДж/кг; $r_1 = 2305,4$ кДж/кг; $x_1 = 0,9$; $P_2 = 1,0$ бара; $i'_2 = 417,51$; $r_2 = 2258,2$ кДж/кг; $x_2 = 0,93$. Тоді за формулою для вологої пари:

$$i''_1 = i'_1 + r_1 x_1 = 340,57 + 2305,4 \cdot 0,9 = 2415,73 \text{ кДж/кг};$$

$$i''_2 = i'_2 + r_2 x_2 = 417,51 + 2258,2 \cdot 0,93 = 2517,6 \text{ кДж/кг},$$

а зростання ентальпії становитиме:

$$\Delta i'' = i''_2 - i''_1 = 2517,6 - 2415,73 = 101,87 \text{ кДж/кг}.$$

Порівняння розрахункової величини ℓ і одержаного перепаду ентальпій $\Delta i''$ є підставою для ствердження, що стосовно зони вологої насиченої пари використання формули для визначення роботи адіабатного стиснення газів можливе, як і оцінка ефективності створення локального замкнутого енергетичного контуру. Вторинна пара з тиском P_2 повинна повертатися в систему нагрівання середовища і віддавати його теплоту конденсації. За ізобарного процесу в результаті конденсації кількість повернутої теплової енергії становитиме:

$$q = i''_2 - i'_2,$$

а ефективність введення в контур роботи ℓ стиснення пари визначається показником:

$$\beta = \frac{i''_2 - i'_2}{\ell}.$$

За обраних умов в останньому випадку отримуємо:

$$\beta = \frac{2517,6 - 417,51}{116,2} = 18,07.$$

Висновки

У зв'язку з існуючими залежностями між тиском і температурою кипіння розчинів та харчових середовищ доцільним є поєднання режимів вакуумування з адіабатними фазовими переходами в пошуках можливостей досягнення летальних ефектів по мікрофлорі і для створення замкнутих енергетичних контурів.

Визначення меж термодинамічних трансформацій складових середовищ доцільно здійснювати з використанням табличних даних властивостей води і водяної пари. Водночас підтверджено можливість використання термодинамічних співвідношень, які стосуються адіабатних процесів стиснення водяної пари газових середовищ. Стиснення вторинної пари прийнято вважати адіабатним на основі його швидкоплинного перебігу.

Визначено, що стосовно зони вологої насиченої пари рекомендоване в літературі значення аналогів показників адіабат приводять до помітних відхилень від реальних термодинамічних параметрів їх трансформацій, у зв'язку з чим запропоновано нову розрахункову модель.

Література

1. Zahra Hassan Mohammad, Elsa Murano, Rozana G. Moreira, Alejandro Castillo (2019), Effect of air- and vacuum-packaged atmospheres on the reduction of *Salmonella* on almonds by electron beam irradiation, *LWT*, Available online 13 July 2019, 108389. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108389> (дата звернення 05.07.2019).
2. Hasan Koruk, Kenan Y. Sanliturk (2019), Detection of air leakage into vacuum packages using acoustic measurements and estimation of defect size, *Mechanical Systems and Signal Processing*, Volume 114, 1 January 2019, P. 528—538, URL: <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2018.05.023> (дата звернення 05.07.2019).
3. Damian Frank, Yimin Zhang, Yutao Li, Xin Luo, Xue Chen, Mandeep Kaur, Glen Mellor, Janet Stark, Joanne Hughes (2019), Shelf life extension of vacuum packaged chilled beef in the Chinese supply chain. A feasibility study, *Meat Science*, Volume 153, July 2019, P. 135—143. URL: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.006> (дата звернення 05.07.2019).
4. Davor Daniloski, Anka Trajkovska Petkoska, Kata Galič, Mario Ščetar, Mia Kurek, Rozita Vaskoska, Tatjana Kalevska, Daniela Nikolovska Nedelkoska (2019), The effect of barrier properties of polymeric films on the shelf-life of vacuum packaged fresh pork meat, *Meat Science*, Available online 17 July 2019, 107880. URL: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107880> (дата звернення 05.07.2019).
5. Qinxin Sun, Fangda Sun, Dongmei Zheng, Baohua Kong, Qian Liu (2019), Complex starter culture combined with vacuum packaging reduces biogenic amine formation and delays the quality deterioration of dry sausage during storage, *Food Control*, Volume 100, June 2019, P. 58—66. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.01.008> (дата звернення 05.07.2019).
6. Hsien-Feng Kung, Yi-Chen Lee, Chiang-Wei Lin, Yu-Ru Huang, Chao-An Cheng, Chia-Min Lin, Yung-Hsiang Tsai (2017), The effect of vacuum packaging on histamine changes of milkfish sticks at various storage temperatures, *Journal of Food and Drug Analysis*, Volume 25, Issue 4, P. 812—818. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.009> (дата звернення 05.07.2019).
7. Ioanna N. Gertzou, Ioannis K. Karabagias, Panagiotis E. Drosos, Kyriakos A. Riganakos (2017), Effect of combination of ozonation and vacuum packaging on shelf life extension of fresh chicken legs during storage under refrigeration, *Journal of Food Engineering*, Volume 213, November 2017, P. 18—26. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.026> (дата звернення 05.07.2019).
8. Phillip E. Strydom, Michelle Hope-Jones (2014), Evaluation of three vacuum packaging methods for retail beef loin cuts, *Meat Science*, Volume 98, Issue 4, December 2014, P. 689—694. URL: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.030> (дата звернення 05.07.2019).
9. Jian Ju, Li Liao, Yu Qiao, Guangquan Xiong, Dongsheng Li, Chao Wang, Jianzhong Hu, Lan Wang, Wenjin Wu, Anzi Ding, Liu Shi, Xin Li (2018), The effects of vacuum package combined with tea polyphenols (V+TP) treatment on quality enhancement of weever (*Micropterus salmoides*) stored at 0 °C and 4°C, *LWT*, Volume 91, May 2018, P. 484—490. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.056> (дата звернення 05.07.2019).
10. Jasna Djordjević, Marija Bošković, Marija Starčević, Jelena Ivanović, Nrdjeljko Karabasil, Mirjana Dimitrijević, Ivana Branković Lazić, Milan Ž. Baltić, Survival of *Salmonella* spp. in minced meat packaged under vacuum and modified atmosphere, *Brazilian Journal of Microbiology*, Volume 49, Issue 3, July-September 2018, P. 607—613. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.09.009> (дата звернення 05.07.2019).
11. Бурдо О. Г., Калинин Л. Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах. Одесса: «Друк», 2008. 348 с.
12. Бут С. А. Удосконалення процесів і обладнання у виробництвах солодів і пива. Київ: Кондор, 2016. 262 с.
13. Luc Lagacé, Mariane Camara, Nathalie Martin, Fadi Ali, Jessica Houde, Stéphane Corriveau, Mustapha Sadiki (2019), Effect of the new high vacuum technology on the chemical

composition of maple sap and syrup, *Heliyon*, Volume 5, Issue 6, Jun 2019. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01786> (дата звернення 05.07.2019).

14. Abdulla Al Faruq, Min Zhang, Benu Adhikari (2019), A novel vacuum frying technology of apple slices combined with ultrasound and microwave, *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 52, April 2019, P. 522—529. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.12.033> (дата звернення 05.07.2019).

15. Malgorzata Nowacka, Artur Wictor, Aleksandra Anuszevska, Magdalena Dadan, Katarzyna Rybak, Dorota Witrova-Rajchert (2019), The application of unconventional technologies as pulsed electric field, ultrasound and microwave-vacuum drying in the production of dried cranberry snacks, *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 56, September 2019, P. 1—13. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.03.023> (дата звернення 05.07.2019).

16. Mozetič M., Vesel A., Primc G., Eisenmenger-Sittner C., Bauer J., Eder A., Schmid G.H.S., Ruzic D.N., Ahmed Z., Barker D., Douglass K.O., Eckel S., Fedchak J.A., Hendricks J., Klimov N., Ricker J., Scherschligt J., Stone J., ... Montelius L. (2018), Recent developments in surface science and engineering, thin films, nanoscience, biomaterials, plasma science, and vacuum technology, *Thin Solid Films*, Volume 660, 30 August 2018, P. 120—160. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2018.05.046> (дата звернення 05.07.2019).

17. Буляндра О. Ф. Технічна термодинаміка: підручник для студентів енергетичних спеціальностей ВНЗ. 2. вид., випр. Київ: Техніка, 2006. 319 с.

DETERMINATION OF MECHANICAL CHARACTERISTICS
OF WALNUT WOOD IN THEIR PROCESSES EXFOLIATION

O. Negrey, A. Ukrainets

National University of Food Technologies

Key words:

*Walnut
Crushing
Mechanical
characteristics
Elasticity
Elastic modulus
Strength limit*

Article history:

Received 05.07.2019
Received in revised form
23.07.2019
Accepted 20.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article deals with the peculiarities of the processes of crushing of walnuts, the analysis of theories of crushing of solid materials and theories of resistance of materials for their application in solving problems of synthesizing technological equipment for the implementation of such processes. The peculiarity and task of the processes of crushing of walnuts is to preserve the natural shape of the nuclei as much as possible. In this case, this problem is in conflict with the depth of shell destruction. The latter means the need to limit deformations in the destruction of a walnuts. It is concluded that energy costs for the implementation of processes are not the main ones, as is the case in theories of material crushing.

The article also addresses the theories of strength in the support of materials, which showed certain perspectives of using systems with volumetric stress states. From this point of view, the importance of moving to systems with linear loads for the estimation of the ultimate stresses and modes of elasticity of materials is shown.

The article presents the results of experimental definitions of boundary stresses, relative deformations and modulus of elasticity related to the material of shells, presents graphical and mathematical formalizations. The influence of humidity on the physical and mechanical characteristics of the shells is given. The transition to experimental studies directly with walnuts also be based on the search for the relationship between force action and deformation. In this case, the factors of influence are the absolute size of the walnuts, their shape (spherical or ellipsoidal), the thickness of the shells, the orientation of the walnuts relative to the direction of force action, humidity, etc.

ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ У ПРОЦЕСАХ ЇХ ЛУЩЕННЯ

О. В. Негрей, А. І. Українець

Національний університет харчових технологій

У статті наведено матеріали, які стосуються особливостей процесів лущення волоських горіхів, аналізу теорій дроблення твердих матеріалів і теорій опору матеріалів на предмет їх застосування при вирішенні задач синтезу технологічного обладнання для реалізації таких процесів. Особливістю і завданням процесів лущення горіхів є максимально можливе збереження природної форми ядер. При цьому така задача знаходиться у суперечності з глибиною руйнувань оболонок. Останнє означає необхідність обмеження деформацій при руйнуванні горіха. Зроблено висновок, що неенергетичні витрати на реалізацію процесів є головними, як це має місце в теоріях дроблення матеріалів.

Звернення до теорій міцності в опорі матеріалів показало певні перспективи використання систем з об'ємними напруженими станами. З цієї точки зору підтверджено важливість переходу до систем з лінійними навантаженнями для оцінки граничних напружень і модулів пружності матеріалів.

Наведено результати експериментальних визначень граничних напружень, відносних деформацій і модулів пружності, що стосуються матеріалу оболонок, оцінку впливів вологості на фізико-механічні характеристики оболонок, представлено графічні і математичні формалізації. Перехід до експериментальних досліджень безпосередньо з горіхами також має здійснюватися на основі пошуку залежностей між силовими діями і деформаціями. При цьому факторами впливу обрано абсолютні розміри плодів, їхня форма (сферична або еліпсоїдна), товщина оболонок, орієнтація горіхів відносно напрямку силової дії, вологість тощо.

Ключові слова: волоський горіх, лущення, механічні характеристики, пружність, модуль пружності, напруження, межа міцності.

Постановка проблеми. Механічні процеси є невід'ємною частиною значної кількості технологічних процесів харчових виробництв, в яких виникає потреба для механічного подрібнення твердих матеріалів з подальшою їх класифікацією і фізичними впливами. Умовно їх поділяють на дроблення і помел, хоча принципової фізичної різниці між ними немає.

Подрібненням називають процес руйнування складових матеріалу або окремих тіл під дією силових факторів з одержанням частинок розміром більше 5 мм. За менших розмірів дроблення процес називають помелом. При цьому і дроблення, і помел поділяють на фракції. Так, дробленню відповідають фракції: груба, середня і дрібна, помелу — груба, середня, тонка і колоїдна з відповідними діапазонами розмірів частинок [1; 2].

Зважаючи на сутність визначень понять дроблення і помелу та особливості технологічних завдань одержання лущених горіхів з руйнуванням лише

їх оболонки, приходимо до висновку про доцільність використання іншого терміну в назві цього процесу. Одночасно з цим процеси лушення горіхів складно віднести до технологій шолушіння, в яких ядра зернових культур звільнюються від плодкових і насінневих оболонок [2]. Зважаючи на вищевикладене, процеси звільнення ядер горіхів від оболонок називатимемо лушенням.

На відміну від процесів дроблення, лушення горіхів має специфічне завдання максимального збереження форми і розмірів ядер плодів з подальшим їх вилученням із залишків оболонок. Це означає, що етап руйнування оболонок потребує спеціальної технології на відміну від звичайного руйнування. В самому запиті такої технології закладено вагому суперечність. З одного боку, існує необхідність якомога більшого рівня руйнування оболонок, а з іншого — мінімізація руйнування ядер. Поєднання цих вимог потребує аналізу фізичних характеристик об'єктів дослідження і вивчення досвіду синтезу машин для здійснення процесів дроблення з урахуванням сучасних теорій. Та обставина, що об'єкти дослідження являють собою жорсткі оболонки, потребує специфічних підходів у математичних моделях умов міцності. Це стосується як систем з осьовим навантаженням, так і систем з плоским і об'ємним напруженим станом.

Мета дослідження: теоретична розробка з експериментальною апробацією і доповненнями, що стосуються взаємозв'язків між силовими параметрами, деформаціями і умовами міцності, які відповідають граничним значенням у процесах лушення волоських горіхів.

Матеріали і методи дослідження поєднують в собі узагальнення, які стосуються теорій руйнування (дроблення) твердих матеріалів і теорій міцності, сформульованих в опорі матеріалів. Обидва напрямки цих теорій сформульовані більше 100 років тому і в сучасних дослідженнях не знаходять продовження та розвитку. За об'єкти наукових інтересів при цьому приймаються тверді тіла або спеціальні їх конструкції з пошуками взаємозв'язків між силовими діями і деформаціями. Теоретичне підґрунтя в цих пошуках представлено законами Гука, енергетичними співвідношеннями, умовами міцності. Відсутність вихідних даних щодо характеристик матеріалів оболонок горіхів визначає необхідність поєднання в цьому дослідженні складових теорій і експериментальних даних.

Результати і обговорення. Руйнування горіхових оболонок, як і в загальних випадках подрібнення, пов'язане з утворенням нових поверхонь під дією внутрішніх напружень, що виникають у результаті дії зовнішніх силових факторів. На першому етапі силової дії виникають тріщини, поширення яких має призвести до повного руйнування оболонки. Воно досягається за рахунок локального перенапруження поверхневих мікрооб'ємів в зонах прикладання навантажень, за наявності неоднорідностей, порожнин та інших дефектів в оболонках та за розвитку в матеріалі значних напружень і пластичних деформацій. Візуальний аналіз цілих оболонок і відокремлених їхніх частин підтверджує початкове припущення про неізотропність матеріалу. Наявність інформації щодо останньої і за умови існування їх природних закономірностей могла б забезпечити цільове спрямування в пошуках напрямків і величин силових дій для максимальних виходів цілих ядер.

До факторів впливу на результат процесів лушення відносяться такі механічні характеристики, як пружність, текучість, міцність, пластичність, модуль пружності. Важливою можна вважати інформацію щодо співвідношень між силовими діями, напруженнями і деформаціями, а нестабільні значення вологості оболонок призводять до очікування реакції системи на рівнях крихкої або пластичної. Для крихкого руйнування характерною є відсутність площадки текучості на діаграмі залежності між силовою дією і величиною деформації [3]. У випадках пластичних матеріалів має місце зона текучості. В дослідженнях подібних систем корисним є застосування енергетичних співвідношень, оскільки саме на їхній основі часто вдається поглибити рівень інформації щодо фізики явищ. Так, вважається, що за руйнування крихких матеріалів пластична деформація відсутня, а разом з нею і відповідні енергетичні витрати. За пластичних деформацій робота зовнішніх сил трансформується в теплову енергію. Оскільки крихкість і пластичність оболонок горіхів залежать від вологості, то в першому наближенні слід зробити висновок про доцільність вибору на користь технології з меншим рівнем вологості [4].

Хоча наведені узагальнення відповідають загальноновизнаним закономірностям, однак єдиної теорії руйнування не створено. Різні фізичні стани матеріалів і тіл супроводжуються, відповідно, різними моделями перебігу процесів руйнування. Так, відповідно до теорії Ріттинґера [5] енергетичні витрати пов'язані з подоланням сил молекулярної взаємодії на поверхні руйнування, тож вони пропорційні такій поверхні. Цій особливості відповідає математична формалізація у формі:

$$A_1 = K \left(\frac{1}{d_k} - \frac{1}{d_n} \right), \text{ Дж}, \quad (1)$$

де K — коефіцієнт пропорційності, що залежить від механічних властивостей матеріалів і форми частинок; d_n і d_k — відповідно, початкові і кінцеві середні розміри частинок.

Перехід до об'ємної теорії дроблення В. Л. Кирпичова (1884 р.) і А. Кіка (1885 р.) [2] передбачає зв'язок енергетичних витрат з деформацією матеріалу, яка випереджає його руйнування до рівня досягнення граничної деформації. Подальше руйнування відбувається без енергетичних витрат. Звідси випливає, що енергетичні витрати пропорційні зменшенню об'ємів матеріалу в режимі подрібнення. Відповідно до закону Гука [6] отримаємо:

$$A_2 = \frac{\sigma_p^2 \Delta V}{2E}, \text{ Дж}, \quad (2)$$

де σ_p — границя міцності матеріалу, Па; ΔV — зменшення об'єму матеріалу під час деформації перед руйнуванням, м³; E — модуль пружності матеріалу, Па.

Порівняння прикладного значення двох теорій стосовно руйнування оболонок горіхів приводить до висновку про те, що поверхнева теорія більшою мірою відповідає випадкам роздавлювання, розколювання, розтирання у

зв'язку з тим, що прикладеним навантаженням опір чинить сама оболонка. Разом з тим обидві названі теорії поєднуються теорією дроблення П. А. Ребіндера (1944 р.) [7], за якою введені енергетичні витрати поєднуються у формі суми доданків:

$$A = \sigma \Delta F + K \Delta V, \text{ Дж}, \quad (3)$$

де σ — питома поверхнева енергія, Дж/м²; ΔF — приріст поверхні, м²; K — коефіцієнт пропорційності, що дорівнює роботі, витраченій на деформацію одиниці об'єму, Дж/м³; ΔV — деформований об'єм тіла, м³.

Теорії А. Рундквіста і Ф. Бонда [2] в рамках їх припущень слід оцінювати варіантами попередніх енергетичних теорій, які однак не відповідають критеріям практичної оцінки. Це означає, що при розв'язанні задачі синтезу систем повноцінної переробки плодів горіхів перевагу слід надати експериментальним дослідженням.

Класична технологія встановлення властивостей матеріалів і конструкцій в опорі матеріалів пропонує експериментальне встановлення взаємозв'язків між силовими діями і відповідними деформаціями з переходами до залежностей між напруженнями і відносними деформаціями. Останні дають змогу одержати значення межі пропорційності, межі текучості і межі міцності. Саме досягнення останньої означає перехід матеріалу до граничного стану і подальшого руйнування. Такий перехід у загальному випадку залежить від способу навантаження. Воно може бути лінійним (одновісним), плоским і об'ємним. За випадку лінійних напружених станів їх результати визначаються безпосередньо з лабораторних досліджень у формі значень межі текучості і межі міцності. За наявності трьох головних напружень σ_1 , σ_2 і σ_3 настання граничного стану залежить від їхніх співвідношень. Важливо, що кожній з комбінацій головних напружень відповідають певні інші величини σ''_1 , σ''_2 і σ''_3 , яким відповідають більші залишкові деформації або тріщини. Однак для визначення таких доцільних значень σ_1 , σ_2 і σ_3 в лабораторних умовах необхідно мати можливість створювати різні співвідношення σ_1/σ_2 і σ_1/σ_3 . Сама по собі реалізація таких співвідношень супроводжується технічними складностями і, окрім того, потребує значних об'ємів випробувань. У зв'язку з цим доцільно знайти спосіб складання умов міцності за випадків складних напружень на основі значень межі текучості і межі міцності, визначених за лінійних напружених станів. Такому переходу відповідають теорії міцності. Перша має назву теорії найбільших нормальних напружень [8]. Відповідно до цієї теорії за умови існування трьох головних напружень при співвідношеннях $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ допустимі напруження визначаються через значення σ_1 . Звідси маємо умову міцності у формі:

$$\sigma_1 \leq [\sigma]. \quad (4)$$

Друга теорія міцності [8] стверджує, що перехід до загрозового стану настає за досягнення найбільшої відносної деформації:

$$\varepsilon_{\max} = \varepsilon_1 = \frac{1}{E} [\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)]. \quad (5)$$

Звідси

$$[\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)] \leq [\sigma], \quad (6)$$

де μ — коефіцієнт Пуассона.

Третя теорія міцності [8] має назву теорії найбільших дотичних напружень і узагальнюється співвідношеннями:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \leq [\tau] \leq \frac{[\sigma]}{2}; \quad (7)$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3) \leq [\sigma]. \quad (8)$$

Енергетична (четверта) теорія міцності [8] стверджує, що перехід до загрозового стану пов'язується з повною питомою енергією деформації і при цьому

$$u \leq [u]. \quad (9)$$

За розтягування (стискання) отримаємо:

$$u = \frac{\sigma^2}{2E}; \quad [u] = \frac{[\sigma]^2}{2E}, \quad (10)$$

а у загальному випадку навантаження умова міцності приводиться до виду:

$$\frac{1}{2E} (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_1\sigma_3 + \sigma_2\sigma_3)) \leq \frac{[\sigma]^2}{2E}. \quad (11)$$

Теорія змінення форми [9] стверджує, що не вся потенціальна енергія деформації є причиною переходу до граничного стану, але тільки та частина, яка пов'язана зі зміною форми:

$$u_\phi \leq [u_\phi]; \quad (12)$$

$$u_\phi = \frac{1+\mu}{3E} (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3). \quad (13)$$

Аналіз теорій міцності опору матеріалів показує доцільність пошуків впливів у формі складних напружених станів. Це раціонально, оскільки ідеальним рішенням задачі було б руйнування тільки оболонки з помітно обмеженою попередньою деформацією і формозміною. Проте пряме використання теорій подрібнення і умов міцності практично нівелюється анізотропними властивостями оболонок горіхів. Це означає, що єдиною можливістю у пошуках теорії і практики лущення горіхів залишаються експериментальні дослідження з визначення умов руйнування.

Експериментальні дослідження мали за мету визначення опорів розриву матеріалів оболонок, відносної деформації у зв'язку з силовим навантаженням і модулів пружності за різних значень вологості та питомої маси.

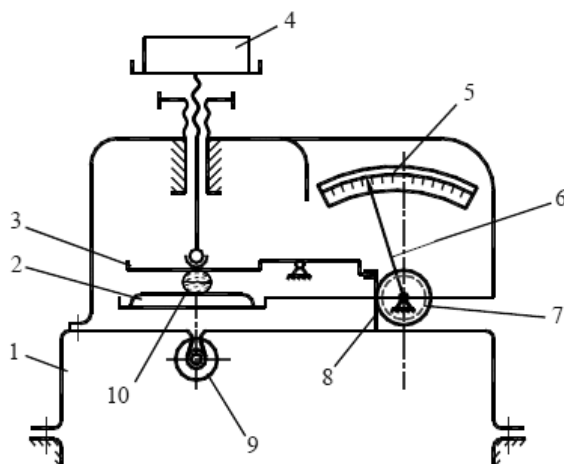


Рис. 1. Схема установки для вимірювання деформацій у випадку осевого стиснення між двома паралельними пластинами: 1 — корпус; 2 — нижня пластина; 3 — верхня пластина; 4 — вага; 5 — шкала; 6 — індикатор (показник); 7 — зубчасте колесо; 8 — кремальєра; 9 — ексцентрик; 10 — горіх

Лабораторна установка (рис. 1) дала змогу здійснювати виміри деформацій зразка (горіха) під дією стискання між двома пластинами. У корпусі 1 встановлено дві паралельні пластини 2 і 3. Шкала 5 та індикатор 6 фіксують силову дію і деформацію. Над корпусом розташована вага 4 для механічного замикання системи. Діапазон вимірів сили від 0 до 1000 Н. Реєстрація деформації оболонки здійснювалася індикатором ІС-10.

Фізико-механічні характеристики оболонок горіхів, наведені у табл. 1, підтверджують, що з підвищенням вологості границя міцності і модуль пружності зменшуються, а відносна деформація зростає. Графічна інтерпретація залежності $\sigma = \sigma(\epsilon)$ наведена на рис. 2. Стисканню підлягали частинки, вирізані з оболонок горіхів. Напруження визначалися відношенням силової дії до площі зразка.

Таблиця 1. Фізико-механічні властивості матеріалу оболонок горіхів у процесі їх сушіння

Вологість, W, %	Щільність, ρ , кг/м ³	Опір розриву, $r \cdot 10^{-6}$, Па	Відносна деформація, ϵ , %	Модуль пружності, $E \cdot 10^{-8}$, Па
10	720	70,1—70,7	9,0—9,8	8,66—8,65
15	800	65,2—65,7	12,0—12,4	6,10—6,00
20	820	58,3—58,7	15,0—15,6	4,57—4,47
25	860	45,6—45,8	18,0—19,0	3,16—3,00

Початкові деформації у всіх випадках мають наближення до закону Гука, однак подальше зростання навантаження приводить до порушення лінійності. Точці В на діаграмі відповідає початок зони текучості, яка представлена ділянкою В–С–D. Наявність ділянки D–E вказує на наявність зони зміцнення, а крайні точки на діаграмах відповідають границям міцності.

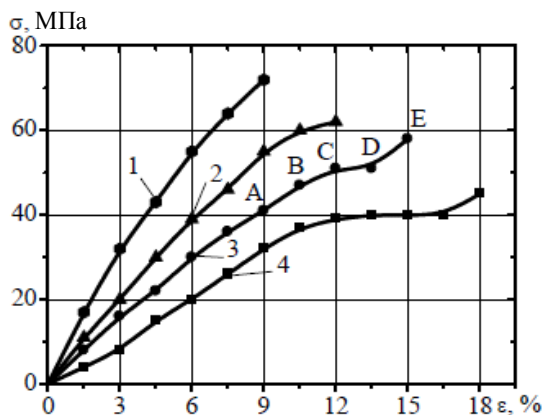


Рис. 2. Діаграми стискання матеріалу оболонок при різних показниках вологості:
1—10; 2—15; 3—20; 4—25%

З діаграми видно помітний вплив води оболонок на фізико-механічні характеристики. Горіхи в сухому стані можуть бути віднесені до еластично-крихких структур, а у зволоженому стані більше 15% — до еластично-пластичних у зв'язку з наявністю зони текучості. На рис. 3 представлено варіації границь міцності і модулів пружності залежно від вологості. Їхні математичні формалізації мають вид:

$$\sigma_r = 65,16 - 1,23e^{w/10,58} \text{ МПа.} \quad (14)$$

$$E = 1104,84 - 155,74 e^{w/14,60} \text{ МПа.} \quad (15)$$

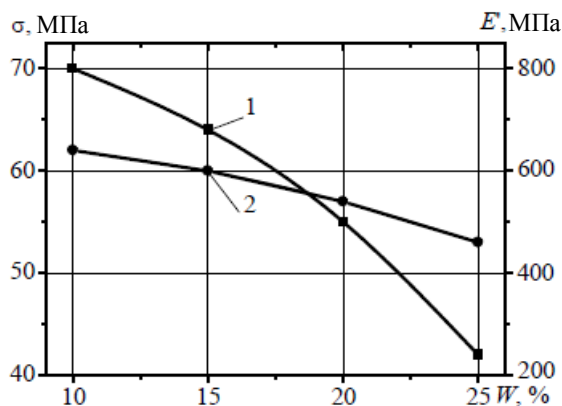


Рис. 3. Зміна опору розриву σ_r (1) і модуля пружності E (2) оболонок волоських горіхів залежно від вологості W

Результати лабораторних визначень механічних параметрів σ_r і E у зв'язку з неізотропністю матеріалів оболонок та наявністю мікроушкоджень можна вважати лише першим наближенням. Проте закономірності, пов'язані з вологістю досліджуваних матеріалів оболонок, визначають напрямки пошуку впливів на кінцевий результат. Очевидно, що вологість оболонок, ядер і

внутрішніх перегородок пов'язана з питомою масою. В дослідженнях визначалася маса 200 волоських горіхів, після дроблення яких окремо визначалися маси компонентів. Маса оболонок складала 120 г (60% від маси горіхів), маса ядер — 77 г (38,5 %) і маса перегородок — 7 г (1,5%). Початковий вміст вологи визначався методом сушіння до сталого значення маси. Кінцеві результати цієї частини досліджень узагальнені графічною залежністю на рис. 4 та математичними виразами.

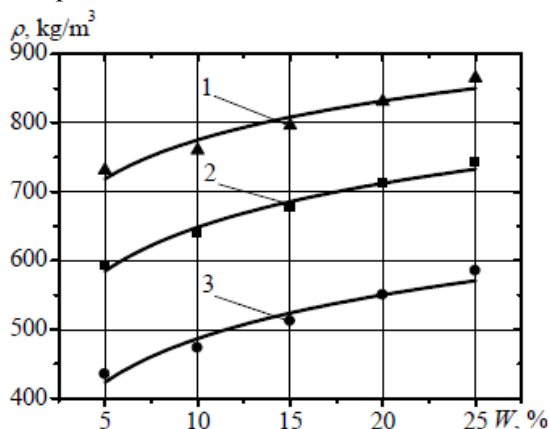


Рис. 4. Графіки залежності щільності компонентів горіха від вологості:
1 — оболонки; 2 — ядра; 3 — перегородки

Для матеріалу оболонок отримаємо:

$$\rho_{об.} = 587,23 + 81,56 \ln W, \text{ кг/м}^3; \quad (16)$$

$$\rho_{яд.} = 436,55 + 91,85 \ln W, \text{ кг/м}^3; \quad (17)$$

$$\rho_{пер.} = 275,91 + 91,56 \ln W, \text{ кг/м}^3. \quad (18)$$

Висновки

Завдання луцення волоських горіхів має принципову відмінність порівняно з процесами дроблення матеріалів. У випадку луцення руйнуванню підлягає оболонка горіха при збереженні цілісності ядра. Це означає необхідність визначення критичних рівнів деформацій у результаті силових впливів стискання. Збереження ядер цілими слід оцінювати головним завданням процесу на відміну від енергетичних витрат, на основі яких будуються теорії дроблення матеріалів.

Певною мірою більш результативними в оцінках досягнення критичних навантажень можуть бути використані теорії міцності опору матеріалів, особливо в частинах плоских і об'ємних напружених станів. Саме у створенні останніх прогноуються перспективи досягнення руйнувань оболонок горіхів за обмежених деформацій.

Визначено, що фактором впливу на граничні напруження в оболонках горіхів і на модулі пружності є вологість, варіації якої наближають процеси до умов крихкого або пластичного руйнування. В останньому випадку навіть

спостерігається наявність зон текучості на діаграмі стискання. Лабораторні дослідження і визначення фізико-механічних характеристик матеріалу оболонок оцінюються першим кроком у прогнозних оцінках умов міцності. Водночас цілісна конструкція форми оболонки має безпосередній і важливий вплив на загальний результат. Можливо передбачити, що останній залежить від розмірів плодів, їхньої форми з наближенням до сферичної або еліпсоїдної геометрії, товщини оболонок, орієнтації горіхів відносно напрямків силових дій, вологості, сорту, сезонних умов вирощування тощо.

Література

1. Стабников В. Н., Лысянский В. М., Попов В. Д. Процессы и аппараты пищевых производств. Москва: Агропромиздат, 1985. 503 с.
2. Технологічне обладнання зернопереробних і олійних виробництв: навчальний посібник / Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздев О. В., Ялпачик Ф. Ю., Гвоздев В. О. Вінниця: Нова книга, 2008. 488 с.
3. Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Справочник по сопротивлению материалов. Киев: Наукова думка, 1988. 736 с.
4. Справочник механика пищевой промышленности / А. И. Соколенко, А. И. Украинец, В. Л. Яровой и др.; Под ред. А. И. Соколенка. Киев: АртЭк, 2004. 304 с.
5. Инфопедия: механизм подрібнення твердих тіл (теорії подрібнення). URL: <https://infopedia.su/1x984.html> (дата звертання 04.07.2019).
6. Вікіпедія: Закон Гука. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звертання 04.07.2019).
7. Вікіпедія: Дроблення корисних копалин. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звертання 04.07.2019).
8. Вікіпедія: Теорія міцності. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звертання 04.07.2019).
9. Теорія міцності: потенціальна енергія деформації. URL: <https://studfiles.net/preview/-5397474/> (дата звертання 04.07.2019).

УДК 535.346.1

DETECTION OF ADULTERATED BEESWAX BY THE METHOD OF INFRARED REFLECTION SPECTROSCOPY

V. Vyshniak, S. Litvynchuk, V. Nosenko, Y. Korobka

National University of Food Technologies

V. Dombrovskiy

Bikiper company "Kyivoblbdzholoprom"

Key words:

*Beeswax
Falsification of beeswax
IR spectroscopy*

Article history:

Received 11.07.2019
Received in revised form
05.08.2019
Accepted 23.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The problem of identification of natural beeswax and detection of foreign impurities in it is considered in the paper. The urgency of this task is explained by the fact that beeswax is widely used in many sectors of the economy. Great part of the resulting wax goes back to beekeeping for the industrial production of honeycomb.

Honeycomb made from counterfeit wax can lead to poor quality of bee products, including honey.

A series of samples of natural beeswax with different concentrations of foreign impurities (paraffin and ceresin) were prepared for the research. Natural beeswax was obtained by melting the honeycombs in a standard device using water vapor.

In this work, we studied the infrared reflection spectra from the surfaces of samples with different morphology (smooth surface and ground sample). After the samples were melted, the substance was poured into a special form, where it solidified, thus smooth surfaces were obtained. Then, solid samples were mechanically grounded. The reflection spectra were investigated using an «Infrared-61» spectrometer.

It was found that the obtained infrared spectra of reflection from the smooth surfaces of the samples (beeswax, paraffin, ceresin and mixtures) have a similar structure. The IR reflection spectra have two pronounced maxima of different intensities, which correspond to the wavelengths of 1014 and 1726 nm.

The infrared spectra of diffuse reflection from crushed samples undergo certain changes in comparison with the spectra from the smooth surface of the samples. The maximum intensities of the spectrum do not change their position. At the same time, there is a redistribution of spectral lines in intensity.

The infrared spectrum of natural beeswax has a number of features that distinguish it from other spectra of the tested samples. This fact leads to the conclusion that the proposed method can be applied for preliminary analysis of wax raw materials. The wax raw material research methodology described in this paper can be successfully used at wax processing enterprises to detect counterfeit beeswax.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-4-18

ВИЯВЛЕННЯ ФАЛЬСИФІКАТИВ БДЖОЛИНОГО ВОСКУ МЕТОДОМ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ВІДБИВАННЯ

В. В. Вишняк, С. І. Літвинчук, В. Є. Носенко, Ю. В. Коробка

Національний університет харчових технологій

В. П. Домбровський

ТОВ «Київоблбджолопром»

У статті розглянуто проблему ідентифікації натурального бджолиного воску та виявлення в ньому сторонніх домішок. Актуальність цієї проблеми пояснюється тим, що бджолиний віск широко застосовується в багатьох галузях народного господарства. Значна частина отриманого воску повертається у бджільництво для промислового виробництва воцини. Воцина, виготовлена з фальсифікованого воску, може призводити до погіршення якості продуктів бджільництва, зокрема меду.

Вивчено інфрачервоні спектри відбивання натурального бджолиного воску та його фальсифікатів (з вмістом парафіну та церезину) в діапазоні хвиль від 1330 до 2370 нм, а також виявлено їхні особливості з метою проведення якісного аналізу. Для проведення досліджень були підготовлені зразки натурального бджолиного воску з різною концентрацією сторонніх домішок. Віск отримано шляхом переплавлення стільників у паровій воскотопці.

Досліджено інфрачервоні спектри відбивання від декількох поверхонь зразків, а саме: гладкої поверхні, що утворюється після плавлення та твердіння зразка, і від подрібнених зразків. Спектри відбивання досліджувались за допомогою спектрометра «Infrapid-61». Встановлено, що отримані інфрачервоні спектри відбивання від гладких поверхонь зразків (бджолиного воску, парафіну, церезину та їх сумішей) мають подібну структуру з двома явно вираженими максимумами різної інтенсивності на довжинах хвиль 1014 та 1726 нм.

Інфрачервоні спектри дифузного відбивання подрібнених зразків зазнають певних змін порівняно із спектрами від гладкої поверхні зразків. Найбільш інтенсивні максимуми не змінюють свого положення, але відбувся перерозподіл спектральних ліній за інтенсивністю.

Інфрачервоний спектр натурального бджолиного воску має ряд особливостей, які відрізняють його від інших спектрів досліджуваних зразків. Запропонований метод може бути застосований для первинного аналізу воскової сировини й успішно використовуватися для виявлення фальсифікованого бджолиного воску.

Ключові слова: бджолиний віск, фальсифікат, ІЧ спектроскопія.

Постановка проблеми. Бджолиний віск широко застосовується в багатьох галузях народного господарства, а також у металургійній, електротехнічній, хімічній, фармацевтичній, харчовій промисловості [1; 2]. Зокрема, він використовується при виробництві сиру та цукерок, а також як покриття

фруктів та овочів з метою збільшення їхнього терміну зберігання [3]. Але найбільша частина воску повертається у бджільництво для промислового виробництва вощини.

Віск, що має сторонні домішки, називається фальсифікованим воском (фальсифікатом) [4—6]. Саме такий віск створює серйозну загрозу для галузі бджільництва, викликає суттєві економічні та іміджеві втрати галузі, погіршує добробут медоносних бджіл. Вощина, виготовлена з фальсифікованого воску, може погіршувати якість продуктів бджільництва, зокрема меду [7]. Серед найбільш поширених домішок, які додають у бджолиний віск, є парафін та церезин, рідше зустрічається мікрокристалічний віск, стеаринова кислота, глина, пісок, твердий жир, крейда, гіпс тощо [8].

Висока вартість натурального бджолиного воску порівняно з іншими воскоподібними продуктами (такими як парафін, церезин) робить його привабливим для фальсифікацій [8]. Цьому сприяє і той факт, що за зовнішніми ознаками виявити домішки досить складно, а лабораторні дослідження таких зразків передбачають застосування відповідних фізико-хімічних методів і додаткових витрат.

В Україні виготовлення вощини здійснюється відповідно до ДСТУ 7172:2010. Згідно із національним стандартом використання фальсифікованого воску в процесі виготовлення вощини не допускається.

Існує ряд класичних методів перевірки автентичності бджолиного воску та контролю його якості: органолептичний, хроматографічний, різні хімічні методи тощо [9]. Проте такі дослідження є довготривалими та призводять до руйнування зразків, що суттєво ускладнює можливість повторного дослідження одного і того ж зразка. Тому виникає нагальна потреба у сучасних методах контролю якості та безпечності продуктів бджільництва [10; 11]. Особливо це актуально у зв'язку з тим, що фальсифікований бджолиний віск становить пряму загрозу існуванню медоносних бджіл і може призводити до погіршення якості продуктів бджільництва. Використання високоякісного натурального бджолиного воску — необхідна умова отримання органічних (натуральних) продуктів бджільництва [12].

У пропонованому дослідженні методом інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії відбивання в ближній області спектру були досліджені зразки натурального бджолиного воску та його фальсифікату. Цей метод є швидким, прямим і відносно неруйнівним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом значна увага приділяється дослідженню бджолиного воску. Зокрема, у [8] запропоновано новий прямий метод дослідження воску без використання хімічних реагентів. Використовується метод ІЧ спектроскопії у середньому діапазоні довжин хвиль (4000 до 650 cm^{-1}). Така методика дає змогу проводити ідентифікацію бджолиного воску та виявляти в ньому сторонні домішки. Результати роботи були підтверджені паралельними дослідженнями, проведеними із використанням високотемпературної газової хроматографії [8]. Незважаючи на увагу науковців до цієї проблематики, нині для виробництва є актуальним виявлення фальсифікованого бджолиного воску доступним, сучасним, швидким і надійним методом.

Мета досліджень: вивчення ІЧ спектрів відбивання натурального бджолиного воску та його фальсифікатів (з вмістом парафіну та церезину), а також виявлення їхніх особливостей з метою проведення якісного аналізу зразків.

Матеріали і методи. Віск був отриманий на пасіці Києво-Святошинського району Київської області шляхом переплавлення старих стільників у паровій воскотопці. Віск деякий час зберігався в темному місці при кімнатній температурі у вигляді циліндричної брили у щільно закритій мішковині. Для проведення експериментів використовувався парафін, який застосовується в медичних цілях. Церезин був взятий на підприємстві воскопереробної галузі, який потрапив туди у вигляді фальсифікованої сировини. За зовнішніми ознаками (колір, пластичність, крихкість, структура злому тощо) зразок був ідентичний до натурального бджолиного воску. У процесі проведення хімічного аналізу було встановлено, що досліджуваний зразок являє собою саме церезин. Такий факт підтверджує необхідність проведення ретельного аналізу воскової сировини за допомогою сучасних фізико-хімічних методів.

Перед початком досліджень зразки були розплавлені до рідкого стану при мінімальній температурі плавлення. У подальшому рідину виливали у спеціальну форму, де вона охолоджувалася до кімнатної температури і затвердівала. У такий спосіб були отримані зразки натурального бджолиного воску, парафіну та церезину. Аналогічно були підготовані зразки з різною концентрацією парафіну та церезину в натуральному бджолиному воску. Відносну однорідність зразків отримували за рахунок перемішування компонентів у процесі плавлення, їх невеликої маси та, як наслідок, досить малого часу твердіння (близько декількох хвилин). Незважаючи на дещо різні густини змішуваних компонентів, вищезгадані фактори дали змогу уникнути явного розшарування досліджуваних зразків. Вони мали циліндричну форму з діаметром 5 см та висотою 5 мм, що відповідало розмірам кювети ІЧ-спектрометра відбивання. Під час процесу твердіння утворювалася гладка (глянцева) поверхня.

Для отримання спектрів дифузного відбивання у ближній ІЧ-області кожний зразок був механічно подрібнений за допомогою пристрою, який являє собою сукупність металевих еквідистантних ножів однакового розміру.

Досліджували інфрачервоні спектри відбивання від декількох поверхонь зразків, а саме: гладкої поверхні, що утворюється після плавлення та твердіння зразка, і від подрібнених зразків. Спектри відбивання досліджувались за допомогою спектрометра «Infrarid-61» в ближньому ІЧ-діапазоні від 1330 до 2370 нм. Спочатку реєструвалась інтенсивність світла I_0 — спектр відбивання від еталону, що є складовою частиною приладу. Потім був отриманий спектр відбивання від досліджуваного зразка I_3 . Відбивальна здатність R , що реєстрував прилад, дорівнює відношенню інтенсивностей $R = I_3/I_0$ на певній довжині світлової хвилі. Інфрачервоні спектри відбивання представлені у вигляді залежності $T = \lg(1/R)$ від довжини світлової хвилі.

Результати і обговорення. В процесі експерименту були підготовлені зразки натурального бджолиного воску з різною концентрацією парафіну та церезину.

На рис. 1 показані типові ІЧ-спектри відбивання від гладкої та подрібненої поверхонь досліджуваних зразків: Р — парафін; С — церезин; W — віск; WC — суміш бджолиного воску та церезину; WCP — суміш воску, парафіну та церезину; WP — суміш воску та парафіну. Представлені спектри відбивання відповідають зразкам з однаковим вмістом різних компонентів. Усі спектри мають подібну структуру, проте спостерігаються декілька явно виражених максимумів на довжинах хвиль 1394, 1414, 1533, 1726 та 1759 нм. Це відповідає спектральним особливостям: *a*, *b*, *d*, *f*, *g* (рис.1 та табл. 1). Найбільш характерні мінімуми спостерігаються на довжинах хвиль 1510 та 1581 нм, що відповідають спектральним особливостям *c* та *e* (рис. 1 та табл. 1).

Таблиця 1. Спектральні особливості та відповідні їм довжини хвиль

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	h'	i'
$\lambda, \text{нм}$	1394	1414	1510	1533	1581	1726	1759	2255	2294	2274	2291

Найбільша інтенсивність у спектрі відбивання відповідає довжині хвилі 1726 нм. Аналізуючи положення максимумів спектральних ліній на цій довжині хвилі (спектральна особливість *f*) для гладкої поверхні (табл. 2) можна зазначити, що вони розміщені в такій послідовності: С, Р, W, WPC, WP, WC.

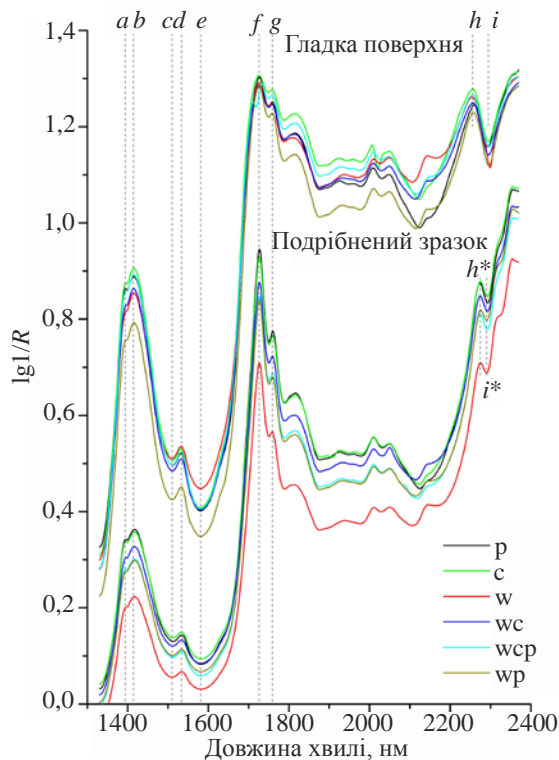


Рис. 1. Інфрачервоні спектри відбивання натурального бджолиного воску та його фальсифікату

Таблиця 2. Значення інтенсивності спектра відбивання для відповідних спектральних особливостей

Спектральна особливість	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	
Зразок	Гладка поверхня зразку					
	P	0,863	0,889	0,521	1,302	1,252
	C	0,874	0,906	0,530	1,307	1,277
	W	0,815	0,854	0,536	1,291	1,247
	WC	0,828	0,863	0,509	1,284	1,246
	WCP	0,857	0,892	0,523	1,290	1,265
	WP	0,756	0,793	0,451	1,287	1,228
	Подрібнений зразок					
	P	0,341	0,363	0,143	0,945	0,775
	C	0,336	0,358	0,150	0,928	0,766
	W	0,200	0,223	0,067	0,709	0,566
	WC	0,303	0,327	0,133	0,876	0,723
	WCP	0,280	0,302	0,110	0,848	0,688
	WP	0,276	0,299	0,114	0,840	0,680

У випадку подрібненого зразка відбувається перерозподіл спектральних ліній (табл. 2) у такій послідовності: P, C, WC, WCP, WP, W. Відмінності в значеннях інтенсивності максимумів спектральних ліній у цьому випадку для різних зразків стають більш помітні.

Детальний аналіз спектрів відбивання досліджуваних зразків дає змогу виявити спектральні закономірності, отримані експериментальні дані можуть бути використані при ідентифікації натурального бджолиного воску та його фальсифікату.

Подрібнений зразок. Співвідношення інтенсивностей піків на довжинах хвиль 1726 та 1414 нм для досліджуваних зразків $T_{(f)}/T_{(b)} = T_{(1726)}/T_{(1414)}$ змінюється в межах від 2,59 до 3,18 (табл. № 3). Максимальне значення параметра $T_{(f)}/T_{(b)} = 3,18$ відповідає натуральному бджолиному воску. Величина $T_{(b)}/T_{(d)}$ змінюється в межах від 2,46 до 3,33, максимальне значення даного параметра відповідає $T_{w(b)}/T_{w(d)} = 3,33$ воску; відповідно мінімальне значення $T_{w(d)}/T_{w(b)} = 0,30$ також відповідає воску, а значення величини $T_{(d)}/T_{(b)}$ лежать у діапазоні від 0,30 до 0,42. Максимальне значення величини $T_{\max(f)}/T_{\max(d)} = 10,58 = T_{w(f)}/T_{w(d)}$ належить натуральному бджолиному воску.

Таблиця 3. Значення характерних співвідношень спектральних максимумів воскоподібних сполук

	T_b/T_d	T_d/T_b	T_d/T_f	T_f/T_d	T_b/T_f	T_f/T_b	T_f-T_b	T_b-T_d	T_f-T_d
	Гладка поверхня зразка								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	1,71	0,59	0,40	2,50	0,68	1,47	0,41	0,37	0,78
C	1,71	0,59	0,41	2,47	0,69	1,44	0,40	0,38	0,78
W	1,60	0,63	0,41	2,41	0,66	1,51	0,44	0,32	0,76
WC	1,70	0,59	0,40	2,52	0,67	1,49	0,42	0,35	0,77
WCP	1,71	0,59	0,41	2,46	0,69	1,45	0,40	0,37	0,77
WP	1,76	0,57	0,35	2,86	0,62	1,62	0,49	0,34	0,84

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Подрібнений зразок									
P	2,53	0,40	0,15	6,59	0,38	2,60	0,58	0,22	0,80
C	2,39	0,42	0,16	6,20	0,39	2,59	0,57	0,21	0,78
W	3,33	0,30	0,09	10,59	0,31	3,18	0,49	0,16	0,64
WC	2,46	0,41	0,15	6,59	0,37	2,68	0,55	0,19	0,74
WCP	2,74	0,36	0,13	7,72	0,36	2,81	0,55	0,19	0,74
WP	2,63	0,38	0,14	7,39	0,36	2,81	0,54	0,18	0,72

Аналізуючи отримані результати, наведені в табл. 3, можна зробити висновки, що мінімальні значення величин для таких співвідношень $T_{(d)}/T_{(f)}=0,09$, $T_{(b)}/T_{(f)}=0,31$, а також мінімальні значення для характеристичних параметрів спектра $T_{(f)} - T_{(b)}=0,49$, $T_{(b)}-T_{(d)}=0,16$, $T_{(f)}-T_{(d)} = 0,64$ також відповідають натуральному бджолиному воску.

Гладка поверхня зразка. З даних, представлених у табл. 3, випливає, що мінімальне співвідношення $T_{(b)}/T_{(d)} = 1,59$ та максимальне співвідношення $T_{(d)}/T_{(b)} = 0,63$ відповідають натуральному бджолиному воску.

Слід зазначити, що до певних незручностей застосування методу ІЧ спектроскопії відбивання можна віднести той факт, що спектри мають подібну структуру, а отже, їх важко візуально відрізнити один від одного (рис. 1). Запропонована методика досліджень потребує удосконалення при виявленні домішок малої концентрації (декількох відсотків і менше). Інтерпретація результатів може бути ускладнена за умови наявності великої кількості домішок різної хімічної природи. При дослідженнях потрібно враховувати стан поверхні зразка і, якщо існує потреба, подрібнювати (розламувати) зразок або робити його переплавку. В разі наявності великої кількості води в бджолиному воску (більше 20%) застосування інфрачервоної спектроскопії малоефективне.

Висновки

Інфрачервоні спектри відбивання в діапазоні довжин хвиль 1330—2370 нм від гладких поверхонь зразків (бджолиного воску, парафіну, церезину та їх сумішей) мають подібну структуру з двома явно вираженими максимумами різної інтенсивності на довжинах хвиль 1014 та 1726 нм.

Інфрачервоні спектри дифузного відбивання подрібнених зразків зазнають певних змін порівняно зі спектрами від гладкої поверхні зразків. Найбільш інтенсивні максимуми не змінюють свого положення, але відбувається перерозподіл спектральних ліній за інтенсивністю.

ІЧ спектр натурального бджолиного воску має ряд особливостей, які відрізняють його від інших спектрів досліджуваних зразків. Це дає змогу зробити висновок, що запропонований метод може бути застосований для первинного аналізу та ідентифікації зразків натурального бджолиного воску і може бути успішно використаний для виявлення його фальсифікатів.

Водночас варто зазначити, що питання ідентифікації та виявлення сторонніх домішок у бджолиному воску потребує подальшого вивчення.

Література

1. Filippo Fratini, Giovanni Cilia, Barbara Turchi, Antonio Felicioli (2016), Beeswax: A minireview of its antimicrobial activity and its application in medicine, *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 9 (9), P. 839—843.
2. Abhay Dinker, Madhu Agarwala, G. D. Agarwalb (2017), Experimental Study on Thermal Performance of Beeswax as Thermal Storage Material, *Materials Today: Proceedings*, 4 (9), P. 10529—10533.
3. Basharat Yousuf, Ovais Shafiq Qadri, Abhaya Kumar Srivastav (2018), Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review, *LWT*, 89, P. 198—209.
4. Monia Perugini, Serena M. R. Tulini, Daniela Zezza et al. (2018), Occurrence of agrochemical residues in beeswax samples collected in Italy during 2013—2015, *Science of The Total Environment*, 625, P. 470—476.
5. J. Serra Bonvehi, F. J. Orantes Bermejo (2012), Detection of adulterated commercial Spanish beeswax, *Food Chemistry*, 132(1), P. 642—648.
6. Jorge Harrieta, Juan Pablo Campáa, Mauricio Grajales et al. (2017), Agricultural pesticides and veterinary substances in Uruguayan beeswax, *Chemosphere*, 177, P. 77—83.
7. Lidija Sveenjok, Ozren Jovieb, Sasa Prduna et al. Influence of beeswax adulteration with paraffin on the composition and quality of honey determined by physico-chemical analyses, ¹H NMR, FTIR-ATR and HS-SPME/GC-MS. *Food Chemistry*, 2019, 291, P. 187—198.
8. Miguel Maia, Ana I. R. N. A. Barros, Fernando M. Nunes (2013), A novel, direct, reagent-free method for the detection of beeswax adulteration by single-reflection attenuated total reflectance mid-infrared spectroscopy, *Talanta*, 107, pp. 74—80.
9. Miguel Maia, Fernando M. Nunes (2013), Authentication of beeswax (*Apis mellifera*) by high-temperature gas chromatography and chemometric analysis, *Food Chemistry*, 136 (2), P. 961—968.
10. Kamila Mitrowska, Maja Antczak (2015), Determination of sulfonamides in beeswax by liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry, *Journal of Chromatography B*, 1006, P. 179—186.
11. Jiménez J. J., Bernal J. L., M. J. del Nozal et al. (2006), Sample preparation methods for beeswax characterization by gas chromatography with flame ionization detection, *Journal of Chromatography A*, 2, P. 262—272.
12. Livia O., Patrizio P., Cinzia M., Enzo M. (2003), Organic Beekeeping and Acaricide Residues in Beewax. Research in the Lazio Region (Central Italy), *Apiacta*, 38, P. 40—45.

УДК 664.8

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE METHODS OF
RECEIVING OF CORNEL PUREE
FOR THE SAUCE PRODUCTION

A. Grushkovska, S. Matko, L. Melnyk, N. Tkachuk

National University of Food Technologies

Key Words:

Cornel
Berries
Pretreatment
Puree
Physical and chemical
indicators

Article history:

Received 12.07.2019
Received in revised form
31.07.2019
Accepted 13.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Sauces are important components of our meal. Fruit and vegetable sauces are quite valuable because of sugars, organic acids and biologically active substances. It is advisable to be able to develop recipes and choose the proper way of preliminary processing of berries to increase the yield of puree and maximize the preservation of valuable components of the raw material.

It has been established that to increase the yield of puree, the maximum destruction of the cytoplasmic membrane of cells is required before the raw material is rubbed through, that could be obtained by blanching (short-term, 5—15 minutes, processing by water steam or hot water), which achieves denaturation of proteins of the cytoplasm and membranes, inactivation of enzymes, certain processes of decomposition of substances and because of which the volume of raw materials changes, tissues are extinguished, intercostal air is removed, etc.

This work is devoted to the selection and study of the effectiveness of various methods for the processing of cornel berries to obtain maximum yield of puree with high physico-chemical characteristics.

Fresh, mature and pure berries of single pomological grade without any foreign smell and without molds were used for research. Berries, pre-sorted and prepared, were frozen, blanched with steam or water and then processed in microwave at three microwave oven capacities. The treated mass was rubbed through to produce puree, in which the content of dry matter and vitamin C, pH were determined.

It was established that the largest yield of puree (77.5%) from the cornel is achieved when the berries are processed with microwave irradiation at 350 W. Freezing and blanching with steam helps to obtain puree of 71.5 and 69.3% respectively. At the same time, freezing of raw materials is accompanied by losses in defrosting. Blanching in hot water reduces the amount of extractives thus influencing values of physic-chemical parameters of cornel puree.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-4-19

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ ПЮРЕ З КИЗИЛУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОУСІВ

А. О. Грушковська, С. В. Матко, Л. М. Мельник, Н. А. Ткачук
Національний університет харчових технологій

Соуси є важливим компонентом харчування. Фруктово-овочеві соуси досить цінні за рахунок цукрів, органічних кислот і біологічно-активних речовин. При розробленні рецептури соусів доцільно використовувати попереднє оброблення ягід, яке забезпечує найбільший вихід пюре при максимальному збереженні цінних компонентів вихідної сировини.

У статті досліджено ефективні способи оброблення ягід кизилу для отримання максимального виходу пюре з високими фізико-хімічними показниками. Показано, що для підвищення виходу пюре потрібне максимальне руйнування цитоплазменної мембрани клітин перед протиранням сировини, яке можна досягти бланшуванням (короткочасна протягом 5—15 хв дія водяної пари чи гарячої води), заморожуванням, НВЧ-обробленням.

Для дослідження використовували свіжі, зрілі, чисті, одного помологічного сорту, без стороннього запаху, без плісняви плоди кизилу. Ягоди, попередньо відсортовані і підготовлені, піддавали заморожуванню, бланшуванню парою і водою, НВЧ-обробленню при трьох потужностях НВЧ-печі. Оброблену масу ягід кизилу протирали для отримання пюре, в якому визначали вміст сухих речовин, вітаміну С, рН.

Встановлено, що найбільший вихід пюре (77,5%) з кизилу досягається при обробленні НВЧ-обробленням при потужності $W = 350$ Вт. Застосування заморожування та бланшування водяною парою забезпечує вихід пюре 71,5 та 69,3%. Проте заморожування сировини супроводжується втратами при дефростації. Бланшування гарячою водою знижує кількість розчинних сухих речовин, що підтверджується значеннями фізико-хімічних показників кизилового пюре.

Ключові слова: кизил, ягоди, попереднє оброблення, пюре, фізико-хімічні показники.

Постановка проблеми. На сьогодні невід'ємною частиною кожної другої страви багатьох кухонь світу є соуси, у тому числі, і з фруктово-овочевої сировини, яка цінна вмістом цукрів, органічних кислот і біологічно активних речовин.

У зв'язку з цим актуальною проблемою консервної галузі є розроблення новітніх технологій кисло-солодких соусів, у рецептурі яких передбачено використання сировини з високими функціонально-технічними властивостями, і прийомів (способів попередньої підготовки сировини), що дають змогу отримати продукт з покращеною харчовою та біологічною цінністю.

Справжність смаку і стабільність текстури є провідними факторами, які як найкраще характеризують соуси. Необхідно не тільки розробити оригінальну

рецептурну композицію, але й підібрати ефективний спосіб попереднього оброблення сировини, що збільшить вихід пюре і максимально збереже всі його цінні складові [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ступінь пошкодження клітин при механічному протиранні залежить від виду плодів і конструкції пристрою. Так, цитоплазменні мембрани клітин таких плодів, як сливи, абрикоси, кизил, агрус мало пошкоджуються при механічній дії. Тому ефективним способом підвищення виходу соку є попередня підготовка сировини з метою максимального руйнування цитоплазменної мембрани клітинної тканини до протирання [2].

Попереднім тепловим обробленням досягається денатурація білків цитоплазми і мембран, інактивація ферментів, розм'якшення тканин, видалення повітря з міжклітинних ходів, за рахунок чого і змінюється об'єм сировини.

Розм'якшення сировини для полегшення видалення неїстівних частин (шкірочки, кісточок) для подальшого протирання на ситах відбувається для гідролізу протопектину, який переходить у розчинну форму, клітини відокремлюються одна від одної, плодова частина стає м'якою, крихкою. Але для гідролізу протопектину потрібен відносно тривалий час теплової обробки плодів — 15...20 хв. У той же час відомо, що досить нагріти тканину до 80...85°C на 3...4 хв, як плоди стають м'якими. Це пов'язано з тим, що при нагріванні коагулюють білки протоплазми, цитоплазменна оболонка пошкоджується, осмотичний тиск, який обумовлює твердість плоду, зменшується, і плід розм'якшується.

У процесі нагрівання рослинної сировини коагулюють і зневоднюються білки протоплазми, що призводить до збільшення клітинної проникності. При швидкому підвищенні температури клітинна проникність збільшується в зоні температур 60...80°C, при повільному нагріванні вона може підвищитися і при температурах 40...50°C, але для цього потрібен більш тривалий час, що негативно впливає на збереженість вітамінів [1].

При заморожуванні цитоплазменні оболонки клітини руйнуються, що сприяє підвищенню виходу пюре. Незворотне руйнування клітинних стінок настає тільки при досягненні температури замерзання, коли в клітинах і в міжклітинному просторі утворюються кристали льоду. Ріст кристалів призводить до механічного порушення цілісності клітин і зневоднення цитоплазми, що зумовлює денатурацію і відмирання клітин. У замороженій сировині відбуваються зміни хімічних речовин: частково інвертується сахароза, підвищується концентрація кислот і мінеральних речовин, знижується вміст поліфенолів, однак ферменти не інактивуються. Саме тому заморожену сировину слід дробити і протирати, не допускаючи повного відтаювання і відразу передавати на подальші технологічні процеси.

Мета дослідження: підібрати і дослідити ефективні способи оброблення ягід кизилу для отримання максимального виходу пюре з високими фізико-хімічними показниками.

Матеріали, методи і методика. Ягоди кизилу повинні бути свіжі, зрілі, чисті, одного помологічного сорту, без стороннього запаху, без плісняви, цвілі, із плодоніжкою і відповідати вимогам чинного стандарту ДСТУ 7024-2009 [3].

Визначення сухих речовин проводили згідно з ДСТУ ISO 751:2004 [4]. Визначення рН — згідно з ГОСТ 26188-84 [5]. Визначення вмісту вітаміну С згідно з ГОСТ 24556-89 [6].

Спосіб НВЧ-оброблення. Ягоди, попередньо відсортовані і підготовлені, засипали шаром завтовшки $4 \pm 0,5$ см в ємність (при товщині шару ягід більше 4 см мікрохвильове випромінювання побутових НВЧ-печей, що працюють з частотою 2350—2450 МГц, не прогріває шар продукту). Ємність із ягодами накривали кришкою і встановлювали в робочу камеру побутової мікрохвильової печі безпосередньо на її дно. Задавали програму роботи НВЧ-печі на 1 хв і включали її в роботу. При цьому мікрохвильове випромінювання частотою 2350—2450 МГц прогріває шар ягід близько стінок ємності та кришки. Відбувається прогрівання всього об'єму продукту, ягоди лопаються, починається виділення соку, який стікає вниз через отвори перфорованого днища ємності в ємність для збору соку.

Спосіб оброблення заморожуванням та бланшуванням: попередньо миту та інспектовану сировину зважували по 100 г на технічних вагах. При заморожуванні ягоди кизилу поміщали у ємності в холодильні камери при температурі -18°C . При обробленні водою сировину поміщали в перфоровані ковші та занурювали у воду при температурі $60 \dots 70^{\circ}\text{C}$ на 10 хв. Оброблення сировини водяною парою здійснювали витриманням ягід кизилу у перфорованих кошиках над киплячою водою протягом 5 хв.

Метою протирання є відділення шкірки й насіння (неїстівної частини плоду), отримання однорідної протертої плодової маси за рахунок її пропускання через сита з діаметром отворів $1,2 \dots 1,5$ мм та $0,4 \dots 0,8$ мм.

Викладення основних результатів дослідження. Досліджували вплив заморожування, бланшування водяною парою і водою, НВЧ-оброблення при трьох потужностях НВЧ-печі ягід кизилу на вихід пюре після протирання. Вихід пюре розраховували за формулою:

$$x = \frac{m}{m_0} \cdot 100,$$

де m — маса пюре після протирання; m_0 — маса сировини до оброблення.

Отримані результати наведені в таблиці.

Таблиця. Вихід пюре залежно від способу попереднього оброблення ягід кизилу

Ягоди кизилу	$m_{\text{після обробл.}}, \text{Г}$	$m_{\text{пюре}}, \text{Г}$	Вихід пюре, %
Свіжі	100	64,97	65
Заморожені	96,8	70,53	71,5
Бланшовані парою ($\tau = 5$ хв)	93,2	64,58	69,3
Бланшовані водою ($\tau = 10$ хв)	88,32	55,61	63,0
НВЧ ($\vartheta = 2435$ МГц, $W = 800$ Вт)	90,37	51,51	57,0
НВЧ ($\vartheta = 2435$ МГц, $W = 500$ Вт)	92,2	63,16	68,5
НВЧ ($\vartheta = 2435$ МГц, $W = 350$ Вт)	98,5	76,3	77,5

Видно, що найбільший вихід пюре (77,5%) з ягід кизилу досягається при обробленні НВЧ-випромінюванням при потужності $W = 350$ Вт. Заморожування та бланшування парою забезпечує вихід пюре з кизилу на рівні 71,5 та 69,3%, відповідно. Заморожування сировини, збільшуючи вихід пюре на 10%, порівняно з бланшуванням парою чи водою, супроводжується втратами при дефростації (клітинні стінки зруйновані кристаликами льоду не тримають форму і виділяють сік разом з розчинними речовинами). Крім того, при відтаюванні, особливо повільному, ферменти у зруйнованих клітинах швидко виявляють свою активність. Це призводить до окислення дубильних та інших органічних речовин і потемніння тканин, що негативно впливає на якість протертої маси [7]. Бланшування водою призводить до зниження кількості корисних речовин (за рахунок екстрагування), при цьому процесі у пюре може відбуватися зміна кольору, смаку, консистенції [8].

Наступним етапом досліджень було визначення вмісту СР, вітаміну С та рН середовища кизилового пюре залежно від способу попереднього оброблення ягід кизилу. Результати представлено на діаграмах (рис. 1—3).

Сухі речовини — важливий показник при виробництві соусів (входить до групи фізико-хімічних параметрів), оскільки в готовому продукті першо-чергово нормується саме вміст сухих речовин.

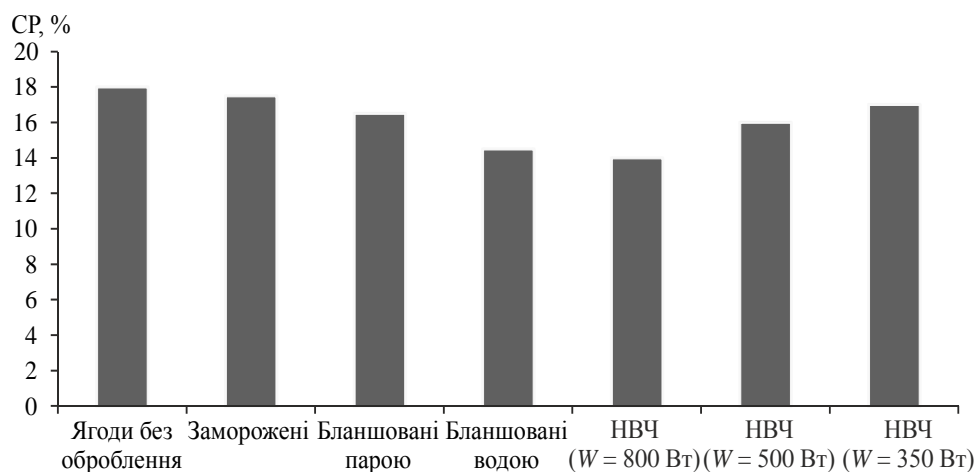


Рис. 1. Залежність вмісту СР у кизиловому пюре від способу попереднього оброблення ягід

Аналізуючи дані (рис. 1), слід зазначити, що найвищий вміст сухих речовин отримано при НВЧ-обробленні ($W = 350$ Вт) сировини (17%), порівняно зі свіжим пюре (18%). Високий вміст СР у пюре досягнуто при попередньому заморожуванні ягід кизилу — 17,5% та при обробленні сировини парою — 16,5%.

При виробництві соусів із використанням плодівих пюре важливу роль відіграє рН середовища, значення якого в межах 2,8...3,5 дає змогу стабілізувати біофлавоноїди, які в подальшому відповідають за збереженість натуральності кольору готового продукту. Також від рівня рН залежить вибір режиму стерилізації.

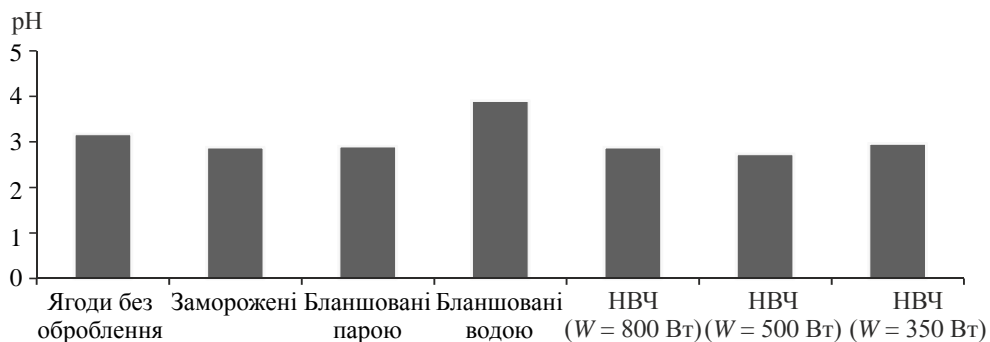


Рис. 2. Залежність рН кизилового пюре від способу попереднього оброблення ягід

Як видно з рис. 2, порівняно зі свіжою сировиною, найкращий показник рН спостерігається у НВЧ-обробленій сировині при 350Вт — 2,98. Під дією електромагнітного поля змінюється швидкість хімічних реакцій і зміщується їх рівновага, що й викликає зміну рН. У пюре, отриманого з ягід бланшованих паром, показник рН — 2,92. Решта отриманих значень рН пюре кизилу є небажаними.

Цінною складовою кизилового пюре є аскорбінова кислота, яка бере участь у відновлювальних біохімічних процесах (без її участі не відбувається вироблення колагену). Вона є потужним антиоксидантом, зміцнює імунну систему, стимулює вироблення антитіл і загальний рівень опору організму до захворювань, запобігає відкладенню холестерину на стінках кровоносних судин, припиняючи таким чином розвиток атеросклерозу, покращує детоксикацію, допомагає кальцію виводити із організму іони важких металів.

Вміст вітаміну С у кизиловому пюре, залежно від способу попередньої обробки сировини, наведено на рис. 3.

Як видно з діаграми (рис. 3), найбільший вміст вітаміну С, порівняно зі свіжою сировиною (128,8 мг/100г), у пюре, отриманому з ягід, які піддавались НВЧ-обробленню потужністю 350 Вт — 117,1 мг/100г.

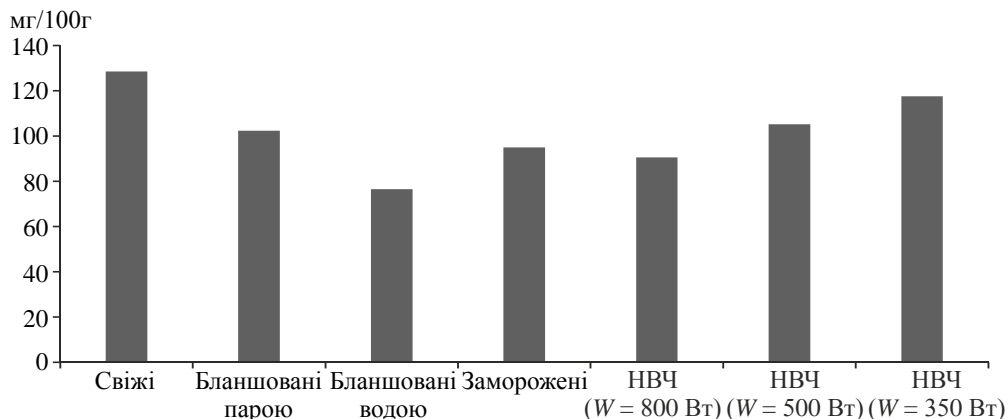


Рис. 3. Залежність вмісту вітаміну С у кизиловому пюре від способу попереднього оброблення ягід

Пюре, отримане з ягід кизилу, бланшованих парою, та НВЧ-оброблене потужністю 500 Вт, містить близько 103,9 мг/100 г вітаміну С. Найменший вміст вітаміну С — у пюре, отриманому із попередньо бланшованих водою ягід (78,3 мг/100 г).

Висновки

Встановлено залежність фізико-хімічних показників і вмісту С в кизиловому пюре залежно від способу попереднього оброблення ягід. Найефективнішим способом підготовки пюре кизилового виявилось оброблення ягід в НВЧ при потужності 350 Вт.

У разі відсутності на підприємстві мікрохвильових печей доцільно використовувати спосіб бланшування водяною парою ягід кизилу протягом 5 хв. Отримане пюре із ягід кизилу використовують для виробництва кисло-солодких соусів [9].

Література

1. Єфремов Ю. І., Одарченко М. С., Михайлов С. В. Технологічні аспекти і можливості переробки дикорослої та пряно-ароматичної сировини. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. 2010. № 1(46). С. 102—106.
2. Малюк Л. П., Давидова О. Ю., Балацька Н. Ю. Обґрунтування рецептурних компонентів нових соусів з рослинної сировини. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2006. № 10(104). С. 150—153.
3. ДСТУ 7024-2009. Кизил свіжий. Технічні умови. [Чинний від 2011-01-01]. Київ, 2011. 11 с. (Інформація та документація).
4. ГОСТ ISO 2173-2013. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ (НСО 2173-78). Взамен ГОСТ 8756.16-82 в части разд.4; Введ. 01.07.91. 14 с.
5. ГОСТ 26188-84. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения pH. Взамен ГОСТ 8756.16-70 в части консервированных продуктов и плодов, овощей; Введ. 01.07.85. 7 с.
6. ГОСТ 24556-89 (СТ СЭВ 6245-88). Методы определения витамина С. Взамен ГОСТ 24556-81; Введ. 01.01.90. 6 с.
7. Біологічна хімія: підручник / Л. Ф. Павлоцька, Н. В. Дуденко, Є. Я. Левітін [та ін.]. Суми: Університетська книга, 2011. 510 с.
8. Поживні властивості кизилу: URL. <https://healthday.in.ua/travi/kizil> (дата звернення 11.10.2017).
9. Соус кизилловый: пат. на корисну модель 110794 Україна: МПК А23L 23/00 (2006.01), А23L 27/00. № и 2016 03169; заявл. 28.03.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20.

STUDYING OF THE PROPERTIES OF CRANBERRY

E. Kostenko, M. Milyukin, E. Butenko, N. Rubaha

National University of Food Technologies

Key words:

Cranberry properties
Toxic metals
Food products

Article history:

Received 04.07.2019
Received in revised form
23.07.2019
Accepted 08.08.2019

Corresponding author:

E. Kostenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The organoleptic characteristics of cranberry berries and concentrates based on it were investigated. The pH and dry matter content of all samples were determined. It has been established that the composition of cranberry concentrate with citric acid in a ratio of 1.5: 1 is optimal for creating a new additive.

It was established that the content of ascorbic and benzoic acids remains the highest in cranberry concentrate, and the lowest in squeezes from cranberries. That is, it can be expected that the supplement with concentrate will have the longest shelf life without the use of synthetic preservatives.

The protective properties of cranberry berries have been studied for the first time relative to ions of toxic metals such as Pb (II), Hg (II), Cd (II). The obtained quantitative characteristics of the binding capacity of the studied samples (PPS — indicators of the protective properties). It is established that $IPP-Pb = 99.04 \pm 0.1$, $IPP-Cd = 98.87 \pm 0.3$, $IPP-Hg = 99.52 \pm 0.2$ for chopped berries.

The possible chemistry of complexation of the main components of cranberries with ions of toxic metals has been considered. It can be expected that the coordination of the ions of the studied metals can be carried out as follows: by oxygen atoms due to the substitution of hydrogen in the hydroxyl groups of the thiazole fragment of vitamin B₁; due to the replacement of hydrogen in the hydroxyl groups of vitamin B₄ (choline), sugars, flavonoids; oxygen atoms due to substitution of hydrogen in hydroxyl groups of tannins (pyrocatechin, pyrogallol, etc.) with the formation of 5-membered cycles; on oxygen atoms due to the substitution of hydrogen in hydroxogroups and the rupture of a double bond in the $> C = O$ -groups of individual flavonoids with the formation of 5-membered cycles, vitamins A, K; on the oxygen atoms due to the double bond breaking in the 6-acetoxy-fragment of tocopherol; by replacing hydrogen in carboxyl groups of ascorbic (vitamin C), malic, citric, folic (vitamin B₉), benzoic, quinic, ursolic acids; due to the substitution of hydrogen in carboxyl and hydroxyl groups of pectin substances.

The obtained information was used during the development of a new additive — a complex acidulant of functional action in the form of a frozen “Cranberry tablet” with preservative, antioxidant activity and protective properties, and also as a ready basis for creating soft, hot or cold drinks.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-4-20

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЯГІД ЖУРАВЛИНИ**Є. Є. Костенко, М. В. Мілюкін, О. М. Бутенко, Н. С. Рубаха***Національний університет харчових технологій*

У статті досліджено органолептичні показники ягід журавлини та концентратів на її основі. Визначено рН і вміст сухих речовин усіх зразків. Встановлено, що композиція журавлиновий концентрат з лимонною кислотою у співвідношенні 1,5:1 є оптимальною для створення нової добавки, а вміст аскорбінової та бензойної кислот найбільший у журавлиновому концентраті, а найменший — у вичавках з ягід журавлини. Тобто можна очікувати, що добавка з концентратом матиме найбільший термін зберігання без застосування синтетичних консервантів.

Вперше досліджено протекторні властивості ягід журавлини щодо іонів таких токсичних металів, як Pb (II), Hg (II), Cd (II). Отримано кількісні характеристики зв'язуючої здатності досліджених зразків (ППВ — показники протекторних властивостей). Встановлено, що ППВ-Pb = $99,04 \pm 0,1$, ППВ-Cd = $98,87 \pm 0,3$, ППВ-Hg = $99,52 \pm 0,2$ для подрібнених ягід.

Розглянуто можливий хімізм комплексоутворення основних компонентів журавлини з іонами токсичних металів. Координація іонів досліджуваних металів може здійснюватися таким чином: за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах тіазольного фрагменту вітаміну B₁; за рахунок заміщення гідрогену в гідроксогрупах вітаміну B₄ (холін), цукрах, флавоноїдах; за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах дубильних речовин (пірокатехін, пірогалол тощо) з утворенням 5-членних циклів; за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах та розриву подвійного зв'язку в >C=O-групах окремих флавоноїдів з утворенням 5-членних циклів, вітамінів A, K; за атомами кисню внаслідок розриву подвійного зв'язку в б-ацетокси-фрагменті токоферолу; за рахунок заміщення гідрогену в карбоксильних групах аскорбінової (вітамін C), яблучної, лимонної, фолієвої (вітамін B₉), бензойної, хінної, урсолової кислот; за рахунок заміщення гідрогену в карбоксильних та гідроксогрупах пектинових речовин.

Отримана інформація була використана під час розробки нової добавки — комплексного підкислювача функціональної дії у формі замороженої «журавлинової таблетки» з консервуючою, антиоксидантною активністю та протекторними властивостями, а також як готова основа для створення безалкогольних, гарячих або холодних напоїв. Пропонована таблетка застосована для створення нового безалкогольного напою.

Ключові слова: властивості журавлини, токсичні метали, харчові продукти.

Постановка проблеми. Відомо, що ягоди журавлини — цінний харчовий і лікувальний продукт, адже в ньому міститься багато пектинів, флавоноїдів, дубильних речовин і органічних кислот (яблучної, хінної, лимонної, урсолової, бензойної). Остання кислота має виражену антимікробну й антигрибкову дію,

пригнічує цвіль і деякі бактерії, тому журавлина відмінно зберігається і дуже довго не псується. В ягодах, зібраних навесні, цінних речовин більше, і вони зберігаються довше, ніж осінні плоди. Найбільше в журавлині аскорбінової кислоти (вітамін С); наявні й інші вітаміни — А, Е, К, вітаміни групи В.

З мінеральних речовин є калій — він займає перше місце; кальцій, натрій, фосфор, магній, залізо, бор, йод, марганець, срібло. Калорійність журавлини невисока — близько 18 ккал на 100 г.

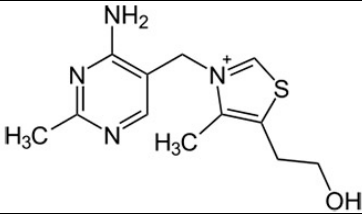
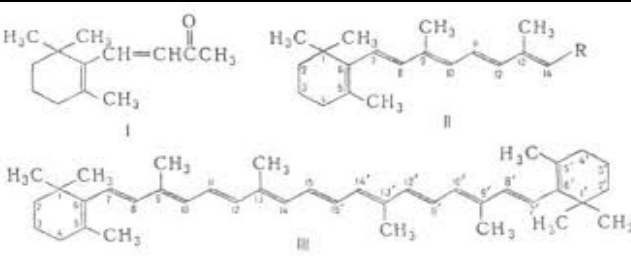
Відомі цілющі властивості журавлини. Якщо регулярно пити журавлиновий сік або навіть морс, то організм буде захищений від багатьох інфекційних захворювань, і не тільки простудних. Журавлина містить багато танінів — фенольних сполук, що пригнічують ріст патогенних мікроорганізмів і перешкоджають їх проникненню в живі клітини. Тому журавлиновий сік може посилювати дію багатьох ліків, наприклад, антибіотиків.

При інфекційних захворюваннях сечостатевої системи, коли сеча має лужну реакцію, мікроби розмножуються швидко, журавлиновий сік працює як природний підкислювач, зменшуючи їх кількість і не даючи адсорбуватися на стінках сечовивідних шляхів. Тому журавлину застосовують при лікуванні хвороб нирок і сечового міхура, сечокам'яної хвороби, для профілактики цих хвороб, при нефритах, циститах тощо.

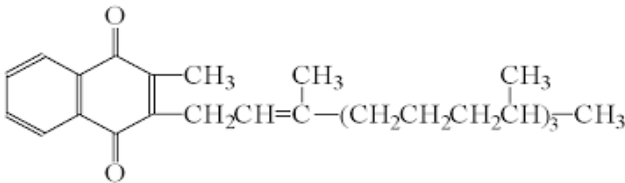
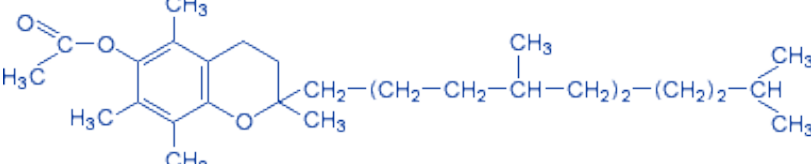
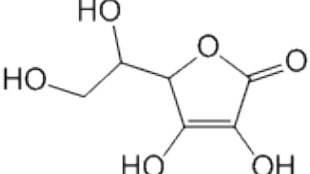
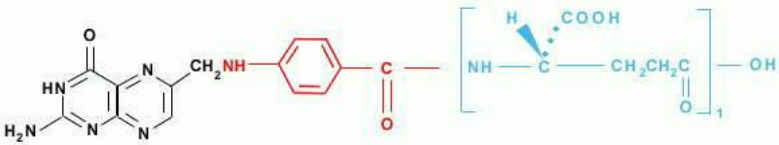
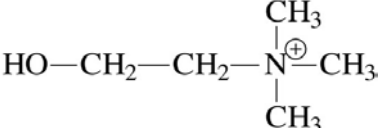
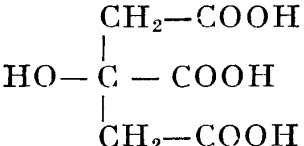
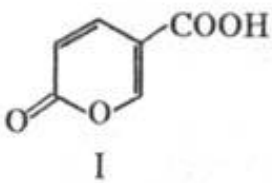
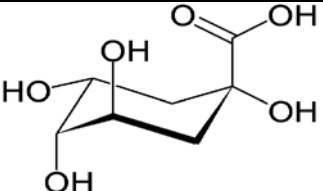
У народній медицині журавлину застосовують як вітамінний, жарознижувальний, сечогінний, бактерицидний, тонізуючий засіб. Її вживають для поліпшення апетиту і працездатності, при хворобах серцево-судинної системи, гіпертонії, порушеннях обміну речовин, ревматизмі, грипі й ангіні. При запальних процесах порожнини рота і виразці шлунку журавлина абсорбує хвороботворні бактерії, що викликають виникнення і розвиток цих захворювань [1—4].

У табл. 1 представлені органічні речовини, які входять до складу журавлини і обумовлюють її властивості.

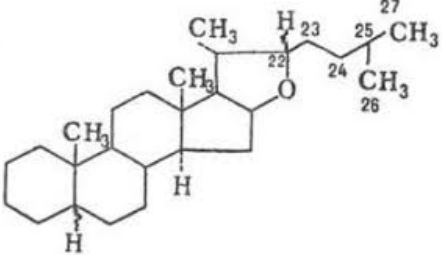
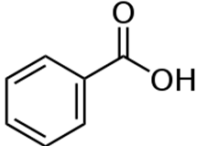
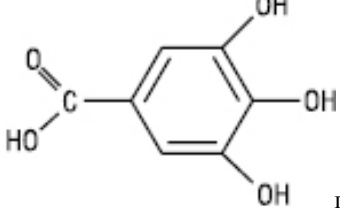
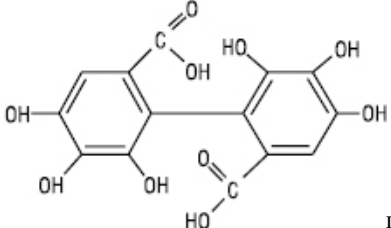
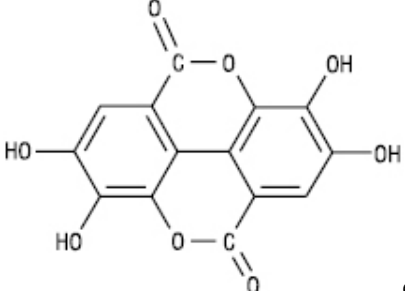
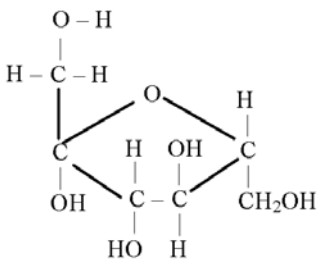
Таблиця 1. Структурні формули біологічно активних речовин, які зумовлюють поживні та лікувальні властивості ягід журавлини

Вітамін В ₁ (тіамін)	
Вітамін А (ретинол)	

FOOD TECHNOLOGY

Вітамін К	
Вітамін Е (токоферол)	
Вітамін С (аскорбінова кислота)	
Вітамін В ₉ (фолієва кислота)	
Вітамін В ₄ (холін)	
Лимонна кислота	
Яблучна кислота	 <p style="text-align: center;">I</p>
Хінна кислота	

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Урсолова кислота	
Бензойна кислота	
Дубильні речовини (таніни)	 <p style="text-align: right;">галова кислота</p>
	 <p style="text-align: right;">гексагідроксидифенова кислота</p>
	 <p style="text-align: right;">елагова кислота</p>
Цукри	 <p style="text-align: right;">фруктоза</p>

Пектин	
Флавоноїди (кверцетин)	

Видно, що всі наведені біологічно активні речовини містять у своєму складі функціонально-активні угруповання, здатні до комплексоутворення з іонами металів і з токсичними, зокрема [5—8]. Тобто ці речовини можуть зв'язувати іони Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} та виводити їх з організму людини.

У літературі є відомості про дослідження протекторних властивостей різних харчових продуктів та їхніх основних компонентів [9—15]. Оскільки така інформація щодо плодів журавлини відсутня в літературі, було цікаво це дослідити.

Отже, подрібнені ягоди, сік, пюре, екстракт журавлини можуть стати цінними добавками до нових харчових і косметичних продуктів. Для вирішення цієї проблеми необхідно спочатку оцінити основні властивості таких добавок.

Мета статті: дослідження основних властивостей ягід журавлини, що характеризують якість та безпеку добавок (подрібнені ягоди, сік, пюре, екстракт) з них.

Матеріали і методи.

Реагенти. Вихідні 0,1 моль/дм³ розчини солей $Pb(II)$, $Hg(II)$, $Cd(II)$ готували розчиненням наважок: Cd^0 (ос.ч.) у 1,0 моль/дм³ H_2SO_4 ; $Pb(NO_3)_2$, $Hg(NO_3)_2 \times \times 0,5 H_2O$ (х.ч.) у 0,1 моль/дм³ HNO_3 [16]. Стандартизацію проводили комплексометрично (Pb) [17] та меркуриметрично (Hg) [18]. При цьому використовували 10^{-3} моль/ дм³ водні розчини металохромних індикаторів: ксиленолового оранжевого + KO , ч.д.а. (Chemapol) та сульфоназо III (СФАЗ), ч.д.а. (Merk).

pH розчинів створювали за допомогою 0,01 моль/дм³ HNO_3 і уротропіну кристалічного 10^{-3} моль/дм³ розчини солей металів готували розведенням більш концентрованих розчинів перед проведенням експерименту. Воду очищали, як описано в [19].

Методики експерименту

Методика підготовки зразків до оцінки органолептичних показників.

Для аналізу готували шість зразків: шкірочки з кісточками, журавлиновий сік, упарений журавлиновий концентрат і три розчини суміші журавлинового концентрату з лимонною кислотою у співвідношеннях 1:1, 1,5:1, 2:1 з метою

вибору найбільш оптимальної рецептури комплексного підкислювача функціонального призначення [20].

Методика визначення зв'язуючої здатності основних компонентів ягід обліпихи щодо іонів токсичних металів. У склянку місткістю 150 см³ вносили 1 г подрібненого у порцеляновій ступці зразка; додавали 50 см³ теплої (45—50°C) дистильованої води, перемішували скляною паличкою і залишали на 10 хв. для набухання.

До отриманої суміші додавали 1 см³ 0,1 моль/дм³ розчину солі досліджуваного токсичного металу, перемішували 0,5 години на магнітній мішалці, фільтрували крізь складчастий фільтр.

У фільтраті визначали вміст іонів досліджуваних металів за методом градувального графіка. Кількість Pb(II), Hg(II), Cd(II), що сорбувалася подрібненими ягодами обліпихи, визначали як різницю між $m_{\text{Pb, Cd, Hg}}$, що була внесена, і $m_{\text{Pb, Cd, Hg}}$, що була знайдена у фільтраті.

Методика визначення Pb(II) у фільтраті [21]. У мірну пробірку місткістю 10 см³ вносили 1 см³ фільтрату, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF для зв'язування іонів Fe³⁺, що заважають, 1 см³ 0,01 моль/дм³ HNO₃ для створення рН 3, додавали 2 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину СФАЗ, доводили загальний об'єм до 10 см³ дистильованою водою і перемішували. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 660$ нм в кюветі з $\ell = 0,1$ см відносно контрольної проби через 5 хвилин після змішування розчинів.

Методика приготування серії стандартних розчинів Pb(NO₃)₂.

У 7 мірних пробірок місткістю 10 см³ вносили 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 0,6, 0,7, 1,0 см³ 10⁻³ моль/дм³ стандартного розчину Pb(NO₃)₂, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, 1 см³ 0,01 моль/дм³ HNO₃ для створення рН 3 в об'ємі 10 см³, додавали 2 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину сульфоназо III, доводили загальний об'єм до 10 см³ дистильованою водою і перемішували. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 660$ нм в кюветі з $\ell = 0,1$ см відносно контрольної проби через 5 хвилин після змішування розчинів.

Паралельно готували *контрольну пробу* Pb(NO₃)₂: в мірну пробірку вносили 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, 1 см³ 0,01 моль/дм³ HNO₃ для створення рН 3 в об'ємі 10 см³, додавали 2 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину сульфоназо III, доводили загальний об'єм до 10 см³ дистильованою водою і перемішували. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 660$ нм в кюветі з $\ell = 0,1$ см відносно води через 5 хвилин після змішування розчинів.

Методика визначення Cd(II) у фільтраті [22]. У мірну колбу місткістю 25 см³ вносили 1 см³ фільтрату, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF для зв'язування іонів Fe³⁺, що заважають, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину КО, доводили до риски дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН-5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хвилин після змішування розчинів.

Методика приготування серії стандартних розчинів Cd(NO)₂.

У 5 мірних колб місткістю 25 см³ вносили: 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0 см³ розчину Cd(NO)₂, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину ксиленолового оранжевого, доводили до риски дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густина вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хвилин після змішування розчинів.

Паралельно готували *контрольну пробу*: у мірну колбу місткістю 25 см³ вносили: 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до риски дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густина вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно води через 5 хвилин після змішування розчинів.

Методика визначення Hg (II) у фільтраті [22]. У мірну колбу місткістю 25 см³ вносили 1 см³ фільтрату, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF для зв'язування іонів Fe³⁺, що заважають, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до риски дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густина вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хвилин після змішування розчинів.

Методика приготування серії стандартних розчинів Hg(NO)₂.

У 5 мірних колб місткістю 25 см³ вносили: 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0 см³ розчину Hg(NO)₂, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до риски дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густина вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хвилин після змішування розчинів.

Паралельно готували *контрольну пробу*: у мірну колбу місткістю 25 см³ вносили 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до риски дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густина вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно води через 5 хвилин після змішування розчинів.

Апаратура. Спектри світлопоглинання розчинів знімали, користуючись спектрофотометром СФ-46. Світлопоглинання розчинів вимірювали на КФК-3 при оптимальній довжині хвилі ($\lambda_{\text{опт}}$) відносно контрольної проби або води. Кислотність розчинів контролювали іономіром И-160 зі скляним електродом.

Результати і обговорення. У табл. 2 та на рис. 1 представлені результати оцінювання органолептичних показників ягід журавлини та концентратів з неї.

Таблиця 2. Оцінка органолептичних показників журавлини та її концентратів

Ягідна сировина	Зовнішній вигляд ягід	Смак ягід	Консистенція м'якоти	Колір м'якоти	Аромат ягід
Журавлина	Округлі, червоні, блискучі, пружні	Кислі з добре відчутною гірчинкою	Щільна, густа	Вишнево-червоний	Свіжий, з приємною кислинкою
Журавлиновий сік	Рідина	Кисла	Рідка	Вишнево-червоний	Приємний свіжий
Журавлиновий концентрат	В'язка, тягуча	Кислий з гірчинкою	Щільна, в'язка, драглиста	Багряно-червоний	Приємний аромат свіжості
Журавлиновий концентрат з лимонною кислотою (1:1)	В'язка, тягуча	Кислий з гірчинкою	Щільна, в'язка, драглиста	Багряно-червоний	Приємний аромат свіжості
Журавлиновий концентрат з лимонною кислотою (1,5:1)	В'язка, тягуча	Більш виявлена кислинка з не яскраво вираженою гірчинкою	Щільна, в'язка, драглиста	Багряно-червоний	Приємний аромат свіжості, з легкою кислотою
Журавлиновий концентрат з лимонною кислотою (2:1)	В'язка, тягуча	Дуже кислий	Щільна, в'язка, драглиста	Багряно-червоний	Приємний кислий аромат

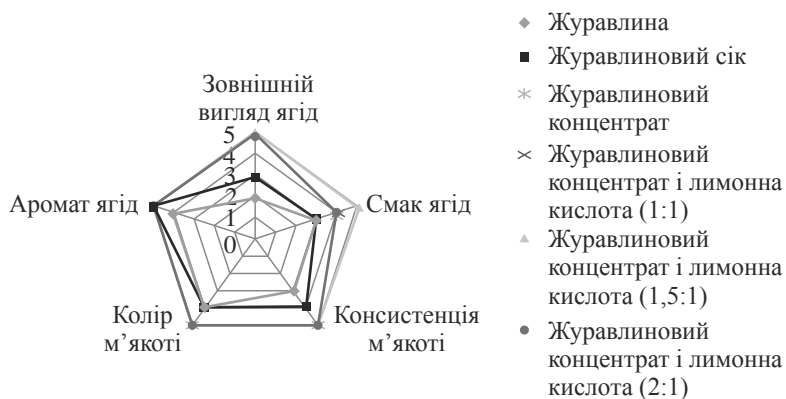


Рис. 1. Профілограма органолептичних показників журавлини та концентратів з неї

Для всіх зразків контролювали рН. Результати дослідження представлені в табл. 3.

Таблиця 3. Визначення показника рН ($V=100\text{ см}^3$, водна суміш)

Концентрація зразків	20 %	30 %	50 %
рН шкірочок	5	4,8	4,3
рН соку	4,4	3,9	3,7
рН концентрату	3,0	2,9	2,8
рН журавлинового концентрату + лимонна кислота (1:1)	3,0	2,9	2,8
рН журавлинового концентрату + лимонна кислота (1,5:1)	2,7	2,5	2,4
рН журавлинового концентрату + лимонна кислота (2:1)	2,4	2,3	2,1

З табл. 3 і рис. 1 видно, що при збільшенні концентрації журавлинового концентрату і лимонної кислоти у сумішах спостерігається збільшення кислотності. Найбільше значення рН — у зразку № 6 — 50-процентна суміш журавлинового концентрату і лимонної кислоти (2:1).

Найбільший вміст сухих речовин знаходиться у суміші із співвідношенням журавлинового концентрату і лимонної кислоти 1,5:1. На другому місці за кількістю сухих речовин знаходиться зразок упареного концентрату із свіжих ягід журавлини.

Для зразків був визначений показник кислотності, результати представлені в табл. 4.

Таблиця 4. Показники кислотності зразків

Назва зразка	Кислотність зразка, град
Ягоди	2,70
Вичавки	1,60
Концентрат	2,85
Журавлиновий концентрат + лимонна кислота (1:1)	2,85
Журавлиновий концентрат + лимонна кислота (1,5:1)	2,88
Журавлиновий концентрат + лимонна кислота (2:1)	2,90

Видно, що при додаванні лимонної кислоти і у співвідношенні 1:1 показник кислотності не змінюється, при співвідношенні 2:1 журавлинового концентрату і лимонної кислоти — показник кислотності найбільший, що погіршує органолептичні показники комплексного підкислювача.

Для оцінки антисептичної дії зразків із журавлини було визначено вміст аскорбінової та бензойної кислот. В табл. 5 представлені результати визначення вмісту вказаних кислот.

Таблиця 5. Вміст аскорбінової та бензойної кислот

Назва зразка	Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г	Вміст бензойної кислоти, мг/100 г
Ягоди	7	0,29
Вичавки	5,3	0,34
Концентрат	8	0,39

Результати дослідів свідчать, що вміст аскорбінової та бензойної кислот зберігається найбільшим у концентраті, а найменший — у вичавках. Тобто можна очікувати, що добавка з концентратом матиме найбільший термін зберігання без застосування синтетичних консервантів.

Для оцінки протекторних властивостей журавлини вивчали здатність компонентів, наведених у табл. 1, зв'язувати іони Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} .

Встановлено, що іони $Pb(II)$, $Cd(II)$, $Hg(II)$ утворюють з більшістю речовин, які наведені в табл. 1, практично безбарвні комплексні сполуки [6; 8], що поглинають світло в далекій ультрафіолетовій частині спектра.

Враховуючи вищевикладене, можливий склад комплексів і дані літератури [5—15], можна очікувати, що координація іонів досліджуваних металів може здійснюватися таким чином:

- за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах тіазольного фрагменту вітаміну B_1 ;

- за рахунок заміщення гідрогену в гідроксогрупах вітаміну B_4 (холін), цукрах, флавоноїдах;

- за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах дубильних речовин (пірокатехін, пірогалол тощо) з утворенням 5-членних циклів;

- за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах та розриву подвійного зв'язку в $>C=O$ -групах окремих флавоноїдів з утворенням 5-членних циклів, вітамінів А, К;

- за атомами кисню внаслідок розриву подвійного зв'язку в 6-ацетоксифрагменті токоферолу — (6-ацетокси-2-метил-2-(4,8,12-триметилтридецил)хроману);

- за рахунок заміщення гідрогену в карбоксильних групах аскорбінової (вітамін С), яблучної, лимонної, фолієвої (вітамін B_9), бензойної, хінної, урсолової кислот;

- за рахунок заміщення гідрогену в карбоксильних і гідроксогрупах пектинових речовин.

У табл. 6 наведені результати визначення показників протекторних властивостей щодо іонів токсичних металів (%/1 г зразка).

Таблиця 6. Результати визначення зв'язуючої здатності ягід журавлини щодо іонів $Pb(II)$, $Hg(II)$, $Cd(II)$

Досліджуваний зразок	Сорбувалось іонів металу, %		
	Pb (II)	Cd (II)	Hg (II)
Подрібнені ягоди журавлини	99,04±0,1	98,87±0,3	99,52±0,2

За здатністю адсорбуватися подрібненими ягодами журавлини токсичні метали можна розташувати у такий ряд: $Pb \approx Hg > Cd$. Подібна залежність збігається з даними літератури щодо стійкості комплексних сполук досліджуваних металів з O-, N-, S-вмісними органічними комплексоутворюючими органічними реагентами [6—8]. Це свідчить про достовірність отриманих результатів.

Отримана інформація може бути використана під час розробки нових харчових і косметичних об'єктів з протекторними властивостями до іонів токсичних металів.

З метою порівняння вмісту біологічно активних речовин екстракту і свіжого концентрату, отриманого після упарювання, вичавки екстрагували водою при температурі 20 та 75°C до моменту настання постійного показника сухих речовин в екстрагенті. Фізико-хімічні показники отриманого водного екстракту із журавлини представлені в табл. 7.

Таблиця 7. Фізико-хімічні показники водного екстракту із вичавок журавлини

Назва зразка	Масова частка, %		рН	Вміст вітаміну С, мг/100 г
	Сухих речовин	Титрованих кислот		
Водний екстракт із вичавок	4,5	0,8	3,2	0,76

На підставі вищевикладеного і з урахуванням фізико-хімічних показників, які були отримані при дослідженні отриманого упарюванням концентрату із журавлини з додаванням лимонної кислоти у співвідношенні 1,5:1, можна зробити висновок про доцільність використання його як комплексного підкислювача функціональної дії у формі замороженої «журавлинової таблетки». При заморожуванні фізико-хімічні показники не втрачаються, а спосіб отримання концентрату без оброблення високими температурами екстрагування забезпечує збереження більшої кількості корисних властивостей і сприяє заощадженню часу на його отримання.

Запропонована «таблетка» оптимальна для використання як комплексний підкислювач із консервуючою, антиоксидантною активністю, а також як готова основа для створення безалкогольних, гарячих або холодних напоїв.

На основі нового комплексного підкислювача було розроблено рецептуру фруктового напою, до складу якого входить, окрім журавлинового концентрату з лимонною кислотою у співвідношенні 1,5:1, цукор, персиковий сік.

Для визначення якості напою було проведено органолептична оцінка концентратів, результати якої наведені в табл. 8 і на рис. 2.

Таблиця 8. Органолептичні показники журавлинових концентратів

Назва зразка	Органолептичні показники		
	Смак	Аромат	Колір
Концентрат журавлиновий	Кисло-терпкий, з гірчинкою	Приємний аромат свіжих ягід	Багряно-вишневий
Концентрат журавлини + персиковий сік	Приємний смак, з відчутною кислинкою	Легкий аромат журавлини з нотками персиків	Вишневий
Концентрат журавлиновий + лимонна кислота(1,5:1) + персиковий сік	Приємний смак з відчутною кислинкою	Легкий аромат журавлини з нотками персиків	Вишневий

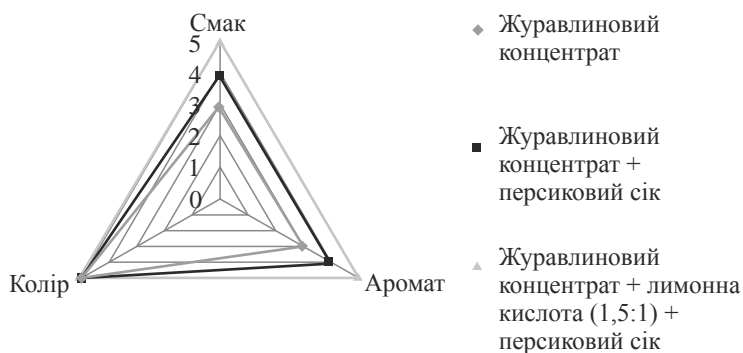


Рис. 2. Профілограма органолептичної оцінки напоїв

З результатів, представлених у табл. 8 і на рис. 2, видно, що запропонований напій з додаванням комплексного підкислювача (суміш журавлинового концентрату з лимонною кислотою у співвідношенні 1,5:1) є найкращим за органолептичними показниками. Напій характеризується приємним смаком, ароматом і кольором. Він не містить штучних барвників й ароматизаторів. А «журавлинова таблетка» може бути використана як функціональна добавка у кондитерських виробках, лікєро-горілчанних та безалкогольних напоях. Додавання до виробу нової добавки надасть йому підкислюючий і підфарбовуючий ефекти, консервуючу та антиоксидантну дію.

Висновки

Досліджено органолептичні показники, встановлено рН, визначено вміст сухих речовин ягід журавлини та концентратів з неї. Для оцінки антисептичної дії зразків з журавлини визначено вміст аскорбінової та бензойної кислот.

Вперше досліджені протекторні властивості ягід журавлини щодо іонів таких токсичних металів, як Рb(II), Hg(II), Cd(II). Отримані кількісні характеристики зв'язуючої здатності досліджених зразків (ППВ — показники протекторних властивостей).

На підставі отриманих результатів розроблено нову добавку — комплексний підкислювач функціональної дії у формі замороженої «журавлинової таблетки» з консервуючою, антиоксидантною активністю та протекторними властивостями, а також як готова основа для створення безалкогольних, гарячих або холодних напоїв. Пропонована таблетка використана для створення нового безалкогольного напою.

Література

1. Лютикова М. Н. Изучение состава биологически активных компонентов дикорастущих ягод в зависимости от степени зрелости и условий хранения: атореферат. дисс. канд. хим. Наук. Черноголовка, 2013. 26 с.

2. Вульф Е. В., Малеева О. Ф. Мировые ресурсы полезных растений: пищевые, кормовые, лекарственные и др. / отв. ред. Ф.Х. Бахтеев; БИН АН СССР: монографія. Ленинград: Наука, 1969. 566 с.

3. Турова А. Д., Сапожникова Э. Н. Лекарственные растения СССР и их применение: монографія. Москва: Медицина, 1984. 304 с.
4. Андреева И. И., Родман Л. С. Ботаника: монографія. Москва: Колос, 2005. 528 с.
5. Пилипенко А. Т. Органічні реактиви в неорганічному аналізі: монографія. Київ: Вища школа, 1972. 255 с.
6. Яцимирский К. Б. Биологический аспекты координационной химии: монографія. Київ: Наукова думка, 1979. 263 с.
7. Эйхгорн Г. Неорганическая биохимия: монографія. Москва: Мир, 1978. 736 с.
8. Мак Олифф К. Методы и достижения бионеорганической химии: монографія. Москва: Мир, 1978. 390 с.
9. Костенко Є. Є., Бутенко О. М. Вивчення комплексоутворення Pb (II), Cd (II), Hg (II) з амінокислотами для прогнозування протекторних властивостей харчових продуктів. *Наукові праці НУХТ*. Київ, 2012. № 44. С. 85—91.
10. Костенко Є. Є., Стахмич Т. В., Бутенко О. М. Протекторні властивості харчових продуктів, які не містять пектину, щодо П्लомбуму (II): матеріали Сесії наук. ради НАН України з пробл. «Аналітична хімія», м. Гурзуф, 16-19 трав. 2011 р. Київ: РВЦ КНУ, 2011. С. 54.
11. Костенко Є. Є., Тасенко М. А., Ромоданова В. О. Вивчення здатності деяких основних компонентів молока та сумішей на його основі зв'язувати іони плумбуму. *Наукові праці УДУХТ*. Київ, 2001. № 10. С. 46—47.
12. Спосіб визначення комплексоутворювальної здатності основних компонентів молока та сумішей на його основі: пат. № 41841 А. Україна. МПК 7 G01N33/04. заявл. № 2001053132; заявлено 07.05.01; опубл. 17.09.2001, Бюл. № 8. 4 с.
13. Костенко Є. Є., Ковбаса В. М., Терлецька В. А., Біла Г. М., Зінченко І. М., Боднар А. В. Дослідження комплексоутворення плумбуму (II) з валіном. *Наукові праці НУХТ*. Київ, 2010. № 33. С. 30—32.
14. Костенко Є. Є., Ковбаса В. М., Терлецька В. А., Біла Г. М., Зінченко І. М., Боднар А. В. Дослідження комплексоутворення плумбуму (II) з метіоніном. *Харчова і переробна промисловість*. Київ, 2010. № 2(366). С. 26—28.
15. Костенко Є. Є., Ковбаса В. М., Терлецька В. А., Зінченко І. М., Боднар А. В. Дослідження комплексоутворення плумбуму (II) з лейцином. *Наукові праці НУХТ*. Київ, 2009. № 29. С. 6—8.
16. Коростелев П. П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ: монографія. Москва: Химия, 1967. 304с.
17. Полянский Н. Г. Аналитическая химия элементов. Свинец: монографія. Москва: Наука, 1986. 352 с.
18. Гладышев В. П., Левицкая С. А., Филиппова Л. М. Аналитическая химия ртути: монографія. Москва: Наука, 1974. 224 с.
19. Методы анализа чистых химических реактивов / ред. П.П. Коростелев. Москва: Химия, 1984. 280 с.
20. Назарко І. С. Інноваційні інгредієнти в технології консервованих продуктів: Конспект лекцій. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2016. 100 с.
21. Костенко Є. Є., Христиансен М. Г., Бутенко Е. Н. Фотометрическое определение микроколичеств свинца в питьевой воде с помощью сульфаноazo III. *Химия и технология воды*. Киев, 2002. № 6. С. 324—328.
22. Марченко З. Фотометрическое определение элементов: монографія. Москва: Мир, 1971. 501 с.

OPTIMIZATION OF TECHNICAL CONDITIONS
FOR OBTAINING ACID-HYDROLYLATED STARCH

M. Alekseenko, V. Litvyak

RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»

N. Novikova

Belarusian State University, International Sakharov Environmental Institute

Key words:

*Starch
Acid hydrolysis
Chemical modification
Starch granule
Viscosity
Paste*

Article history:

Received 09.07.2019
Received in revised form
22.07.2019
Accepted 14.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

One of the simplest available for the Belarusian technological capabilities of the starch industry and the technologies currently in demand is the technology of cold acid hydrolysis, carried out with the preservation of starch granules.

The object of study is acid hydrolyzed potato and corn starch. Acid hydrolysis of potato and corn starch was carried out at 30, 40 or 50 ± 3°C for 2, 4 or 6 hours using 0.1 n. and 0.5 n. aqueous solution of hydrochloric and sulfuric acids. Relative viscosity of 6% aqueous paste of corn starch was measured on a VZ-246 viscometer in accordance with the standard procedure. The average diameter of potato starch granules was measured using a LEO 1420 scanning (scanning electron microscope) (Germany). Metallization of the preparations was carried out with gold in the EMITECH K 550X vacuum unit. A multifactorial experiment was planned and conducted using the STATISTICA 8.0 program.

As a result of the study, we obtained a regression equation describing the effect of acid hydrolysis regimes (temperature, hydrolysis duration, type and acid concentration) on the conditional viscosity of 6% aqueous paste of potato and corn starch, as well as the size of starch granules of potato and corn starch.

We have found for the first time the use of the acid hydrolyzed starches with high flowability of starch paste in the food industry for the preparation of acidic drinks, as well as for technical purposes in the production of plasterboard products and in the production of fiberglass.

As a result, the implementation of cold acid hydrolysis by mineral acids of potato and corn starch with the preservation of starch granules is observed a decrease in viscosity, while reducing the average size of starch granules. The greatest effect was observed in hydrochloric acid at a concentration of 0,5 n., A temperature of 50±3°C and a hydrolysis time of 6 hours. Corn starch had a high affinity for acid hydrolysis. Potato starch granules were hydrolyzed with great difficulty than corn starch granules.

ОТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОТНОГИДРОЛИЗОВАННОГО КРАХМАЛА

М. С. Алексеенко, В. В. Литвяк

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»

Н. М. Новикова

Белорусский государственный университет, Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова

Одной из наиболее простых, доступных для белорусских технологических возможностей крахмальной отрасли и востребованных в настоящее время технологий является технология холодного кислотного гидролиза, осуществляемая с сохранением крахмальных гранул.

Объект исследования — гидролизованный кислотой картофельный и кукурузный крахмал. Кислотный гидролиз картофельного и кукурузного крахмала проводили при 30, 40 или $50 \pm 3^\circ\text{C}$ в течение 2, 4 или 6 часов при использовании 0,1 н. и 0,5 н. водного раствора соляной и серной кислот. Условную вязкость 6-процентного водного клейстера кукурузного крахмала измеряли на вискозиметре ВЗ-246 в соответствии со стандартной методикой. Средний диаметр гранул картофельного крахмала измеряли при помощи сканирующего (растрового) электронного микроскопа LEO 1420 (Germany). Металлизацию препаратов осуществляли золотом в вакуумной установке EMITECH K 550X. Спланирован и проведен многофакторный эксперимент с помощью программы STATISTICA 8.0.

В результате проведенного исследования получены уравнения регрессии, описывающие влияние режимов кислотного гидролиза (температуры, продолжительности гидролиза, вида и концентрации кислоты) на условную вязкость 6-процентного водного клейстера, а также на размер крахмальных гранул картофельного и кукурузного крахмал.

Исследована возможность применения полученных гидролизованных кислотой крахмалов с высокой текучестью крахмального клейстера в пищевой промышленности для приготовления кисельных напитков, а также для технических целей при производстве гипсокартонных изделий и стекловолокна.

В результате осуществления кислотного гидролиза минеральными кислотами картофельного и кукурузного крахмала с сохранением крахмальных гранул наблюдается снижение условной вязкости при одновременном уменьшении среднего размера крахмальных гранул. Наибольший эффект отмечен при использовании соляной кислоты в концентрации 0,5 н., температуре $50 \pm 3^\circ\text{C}$ и времени гидролиза 6 часов. Большое сродство к кислотному гидролизу имел кукурузный крахмал. Гранулы картофельного крахмала подвергались гидролизу с большим трудом, чем гранулы кукурузного крахмала.

Ключевые слова: крахмал, кислотный гидролиз, химическая модификация, крахмальная гранула, условная вязкость, клейстер.

Постановка проблеми. В настоящее время одной из самых быстро развивающихся отраслей промышленности в мире и в Республике Беларусь является крахмало-паточная отрасль [1]. В постоянно появляющихся новых продуктах используют, как правило, не нативный крахмал, а крахмал с целенаправленно измененными свойствами в результате воздействия химическим, физическим или сочетанным модифицирующим фактором, что существенно повышает потребительские характеристики конечных продуктов [1; 2].

Важным способом модификации крахмала является его гидролитическое расщепление. Еще в 1811 г. русским химиком немецкого происхождения К.С. Кирхгофом впервые была разработана технология получения виноградного сахара (глюкозы) из картофельного крахмала при его нагревании с катализатором (разбавленным раствором серной кислоты) [3]. Изыскания в области гидролитического расщепления крахмала не потеряли своей актуальности и сейчас. Многие исследователи продолжают активно заниматься изучением реакции гидролиза крахмала [2; 4—7].

Однако, несмотря на многочисленные исследования [2; 4—7], нами не было найдено научных работ, посвященных изучению оптимальных технологических режимов холодного (при температуре не выше температуры клейстеризации крахмала) кислотного гидролиза крахмала с сохранением крахмальных гранул. В то же время именно холодный кислотный гидролиз крахмала, осуществляемый с сохранением крахмальных гранул, является одним из наиболее простых, доступных и востребованных процессов модификации для технологических возможностей крахмало-паточной отрасли Республики Беларусь.

Цель исследования: оптимизация технологических условий проведения кислотного гидролиза картофельного и кукурузного крахмала минеральными кислотами и поиск возможных путей их применения в хозяйственном комплексе.

Объект и методы исследования. Объект исследования кислотного гидролизованного картофельного и кукурузного крахмал [8].

Для проведения гидролиза крахмала в лабораторных условиях использовали магнитную мешалку с подогревом и термопарой YellowMAGHS 7, лабораторный вакуумный насос, шланги, стеклянную колбу Бунзена, фарфоровую воронку Бюхнера.

Условия кислотного гидролиза подробно показаны в табл. 1. Кислотный гидролиз картофельного и кукурузного крахмала проводили при 30, 40 или $50 \pm 3^\circ\text{C}$ в течение 2, 4 или 6 часов при использовании 0,1 н. и 0,5 н. водного раствора соляной (HCl) и серной кислот (H_2SO_4). Навеску крахмала при перемешивании диспергировали в определенном объеме водного раствора кислоты (концентрация суспензии крахмала — 20, 30 или 40%). Затем полученную суспензию термостатировали при фиксированной температуре (30, 40 или $50 \pm 3^\circ\text{C}$) в течение 2 или 4 или 6 часов. После этого суспензию кислотного гидролизованного крахмала нейтрализовали 0,1 н. или 0,5 н. раствором гидроксида натрия (NaOH) до pH 5—7,5. Затем полученный кислотного гидролизованный крахмал отделяли от раствора на стеклянном пористом фильтре под вакуумом, промывали его водой и сушили в сушильном шкафу при температуре 35°C .

Условную вязкость 6-процентного водного клейстера картофельного и кукурузного крахмала измеряли на вискозиметре ВЗ-246 в соответствии со стандартной методикой [8].

Средний диаметр гранул картофельного и кукурузного крахмала измеряли при помощи сканирующего (растрового) электронного микроскопа LEO 1420 (Германия) [9]. Металлизацию препаратов осуществляли золотом в вакуумной установке EMITECH K 550X.

Спланирован и проведен многофакторный эксперимент с помощью программы STATISTICA 8.0.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований (условная вязкость 6-процентных крахмальных клейстеров и размеры крахмальных гранул) представлены в табл. 2.

Диапазоны значений концентрации суспензии, температуры и времени гидролиза, вида и концентрации кислоты определены на основании изучения литературных источников, технической документации по производству крахмала и крахмалопродуктов, а также проведения предварительных испытаний по определению условной вязкости 6-процентного водного клейстера картофельного и кукурузного крахмалов и среднего диаметра крахмальных гранул (табл. 1).

Таблица 1. Условия получения экспериментальных образцов кислотно-гидролизованного крахмала в лабораторных условиях

№ образца	Условия гидролиза		№ образца	Условия гидролиза	
1	2		3	4	
картофельный крахмал, 0,5 н. р-р H ₂ SO ₄ , 6 ч.			картофельный крахмал, 0,5 н. р-р HCl, 6 ч.		
1.1	суспензия 20%	<i>t</i> = 30°C	4.1	суспензия 20%	<i>t</i> = 30°C
1.2		<i>t</i> = 40°C	4.2		<i>t</i> = 40°C
1.3		<i>t</i> = 50°C	4.3		<i>t</i> = 50°C
2.1	суспензия 30%	<i>t</i> = 30°C	5.1	суспензия 30%	<i>t</i> = 30°C
2.2		<i>t</i> = 40°C	5.2		<i>t</i> = 40°C
2.3		<i>t</i> = 50°C	5.3		<i>t</i> = 50°C
3.1	суспензия 40%	<i>t</i> = 30°C	6.1	суспензия 40%	<i>t</i> = 30°C
3.2		<i>t</i> = 40°C	6.2		<i>t</i> = 40°C
3.3		<i>t</i> = 50°C	6.3		<i>t</i> = 50°C
картофельный крахмал					
суспензия 40%, <i>t</i> = 50°C			суспензия 40%, <i>t</i> = 50°C		
7.1	0,1 н. р-р H ₂ SO ₄	2 ч.	9.1	0,5 н. р-р H ₂ SO ₄	2 ч.
7.2		4 ч.	9.2		4 ч.
7.3		6 ч.	9.3		6 ч.
8.1	0,1 н. р-р HCl	2 ч.	10.1	0,5 н. р-р HCl	2 ч.
8.2		4 ч.	10.2		4 ч.
8.3		6 ч.	10.3		6 ч.
кукурузный крахмал, 0,5 н. р-р H ₂ SO ₄ , 6 ч.			кукурузный крахмал, 0,5 н. р-р HCl, 6 ч.		
11.1	суспензия 20%	<i>t</i> = 30°C	14.1	суспензия 20%	<i>t</i> = 30°C
11.2		<i>t</i> = 40°C	14.2		<i>t</i> = 40°C
11.3		<i>t</i> = 50°C	14.3		<i>t</i> = 50°C
12.1	суспензия 30%	<i>t</i> = 30°C	15.1	суспензия 30%	<i>t</i> = 30°C

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

12.2		$t = 40^{\circ}\text{C}$	15.2		$t = 40^{\circ}\text{C}$
<i>Продолжение табл. 1</i>					
1	2	3	4		
12.3		$t = 50^{\circ}\text{C}$	15.3		$t = 50^{\circ}\text{C}$
13.1	суспензия 40%	$t = 30^{\circ}\text{C}$	16.1	суспензия 40%	$t = 30^{\circ}\text{C}$
13.2		$t = 40^{\circ}\text{C}$	16.2		$t = 40^{\circ}\text{C}$
13.3		$t = 50^{\circ}\text{C}$	16.3		$t = 50^{\circ}\text{C}$
кукурузный крахмал					
суспензия 40%, $t = 50^{\circ}\text{C}$			суспензия 40%, $t = 50^{\circ}\text{C}$		
17.1	0,1 н. р-р H_2SO_4	2 ч.	19.1	0,5 н. р-р H_2SO_4	2 ч.
17.2		4 ч.	19.2		4 ч.
17.3		6 ч.	19.3		6 ч.
18.1	0,1 н. р-р HCl	2 ч.	20.1	0,5 н. р-р HCl	2 ч.
18.2		4 ч.	20.2		4 ч.
18.3		6 ч.	20.3		6 ч.

На основании известных данных [1] о том, что начало клейстеризации крахмальных гранул картофельного крахмала осуществляется при температуре 60—65°C, а гранул кукурузного крахмала — при 68—80°C, была выбрана температура кислотного гидролиза 30, 40 или 50±3°C, которая полностью исключает процесс клейстеризации в результате разрушения крахмальных гранул.

Таблица 2. Условная вязкость и средний диаметр гранул кислотногидролизованых крахмалов

№ п/п	Условная вязкость, с	Средний диаметр крахмальных гранул, мкм	№ п/п	Условная вязкость, с	Средний диаметр крахмальных гранул, мкм
1	2	3	4	5	6
1.1	>1380	46,4	11.1	470	35,2
1.2	540	42,1	11.2	40,0	22,3
1.3	72,6	36,3	11.3	15,2	21,4
2.1	1300	46,0	12.1	55,0	24,0
2.2	420	40,7	12.2	29,6	21,8
2.3	41,0	34,5	12.3	14,3	19,8
3.1	865	43,3	13.1	47,0	22,6
3.2	144,5	38,2	13.2	28,1	21,8
3.3	20,5	33,3	13.3	14,2	18,2
4.1	660	46,3	14.1	197,0	24,8
4.2	58,8	41,8	14.2	19,5	22,1
4.3	13,8	35,1	14.3	11,8	21,4
5.1	600	44,8	15.1	162,1	23,0
5.2	53,5	38,8	15.2	15,0	21,8
5.3	12,0	33,7	15.3	11,8	18,8
6.1	540	42,8	16.1	45,8	22,6
6.2	48,7	37,7	16.2	14,9	21,7
6.3	11,8	32,3	16.3	11,6	17,0
7.1	не вытекает, капает	55,4	17.1	48,5	24,6
7.2	185,5	48,6	17.2	34,8	22,8
7.3	161,0	43,7	17.3	32,5	21,6
8.1	не вытекает,	49,5	18.1	41,0	23,8

	капает				
<i>Продолжение табл. 2</i>					
1	2	3	4	5	6
8.2	185,5	48,5	18.2	23,0	22,7
8.3	180,1	40,7	18.3	19,6	18,8
9.1	47,5	54,7	19.1	19,4	23,7
9.2	37,5	39,7	19.2	14,4	22,6
9.3(3.3)	20,5	33,3	19.3 (13.3)	14,2	18,2
10.1	34,0	47,7	20.1	15,3	22,9
10.2	18,0	36,5	20.2	12,4	22,0
10.3(6.3)	11,8	32,3	20.3(16.3)	11,6	17,0

Для определения оптимальных параметров кислотного гидролиза картофельного и кукурузного крахмала нами были выбраны факторы, оказывающие наибольшее влияние на условную вязкость картофельного и кукурузного крахмала, а также на средний диаметр гранул картофельного и кукурузного крахмала, которые обозначены следующим образом:

Y_1 — условная вязкость 6-процентного водного клейстера картофельного крахмала, соответственно, с;

Y_2 — условная вязкость 6-процентного водного клейстера кукурузного крахмала, соответственно, с;

Y_3 — средний диаметр гранул картофельного крахмала, соответственно, мкм;

Y_4 — средний диаметр гранул кукурузного крахмала, соответственно, мкм;

X_1 — температура, °С;

X_2 — продолжительность (время) гидролиза, ч;

X_3 — концентрация кислоты H_2SO_4 или HCl .

В результате проведенного исследования нами получены уравнения регрессии, описывающие влияние режимов кислотного гидролиза (температуры, продолжительности гидролиза, вида и концентрации кислоты) на:

1. Условную вязкость 6-процентного водного клейстера картофельного (Y_1) крахмала:

$$Y_1 = \exp(9,3049 - 0,13569 \cdot X_1 - 0,06298 \cdot X_2 + 1,47389 \cdot X_3), \text{ при } X_3 : H_2SO_4.$$

$$Y_1 = \exp(10,1289 - 0,1469 \cdot X_1 - 0,686 \cdot X_2 + 0,0324 \cdot X_2^2 + 1,6383 \cdot X_3 + 0,1736 \cdot X_2 \cdot X_3), \text{ при } X_3 : HCl.$$

2. Условную вязкость 6-процентного водного клейстера кукурузного (Y_2) крахмала:

$$Y_2 = \exp(3,04783 + 0,0923 \cdot X_1 - 0,00196 \cdot X_1^2 - 0,376 \cdot X_2 + 0,0354 \cdot X_2^2 + 0,8597 \cdot X_3), \text{ при } X_3 : H_2SO_4.$$

$$Y_2 = \exp(10,81495 - 0,34462 \cdot X_1 + 0,00346 \cdot X_1^2 - 0,31093 \cdot X_2 + 0,04468 \cdot X_2^2 + 1,19134 \cdot X_3 - 0,11697 \cdot X_2 \cdot X_3), \text{ при } X_3 : HCl.$$

3. Размер крахмальных гранул картофельного (Y_3) крахмала:

$$Y_3 = \exp(4,910152 - 0,010693 \cdot X_1 - 0,310622 \cdot X_2 + 0,02175 \cdot X_2^2 + 0,120493 \cdot X_3 + 0,020153 \cdot X_2 \cdot X_3), \text{ при } X_3 : \text{H}_2\text{SO}_4.$$

$$Y_3 = \exp(4,691624 - 0,016757 \cdot X_1 - 0,22414 \cdot X_2 + 0,022216 \cdot X_2^2 + 0,456934 \cdot X_3 - 0,043067 \cdot X_2 \cdot X_3), \text{ при } X_3 : \text{HCl}.$$

4. Размер крахмальных гранул кукурузного (Y_4) крахмала:

$$Y_4 = \exp(3,625517 - 0,008611 \cdot X_1 - 0,044045 \cdot X_2 + 0,056719 \cdot X_3), \text{ при } X_3 : \text{H}_2\text{SO}_4.$$

$$Y_4 = \exp(2,521251 + 0,043611 \cdot X_1 - 0,000671 \cdot X_1^2 + 0,075912 \cdot X_2 - 0,016375 \cdot X_2^2 + 0,027148 \cdot X_3), \text{ при } X_3 : \text{HCl}.$$

Графическое выражение математических зависимостей условной вязкости 6-процентного водного крахмального клейстера и среднего диаметра крахмальных гранул от условий холодного кислотного гидролиза представлены на рис. 1—4.

На основании полученных результатов установлено, что при усилении режимов холодного гидролиза минеральными кислотами как картофельного, так и кукурузного крахмала (увеличении концентрации кислоты и времени гидролиза) отмечено уменьшение среднего размера крахмальных гранул при одновременном понижении условной вязкости крахмальных клейстеров.

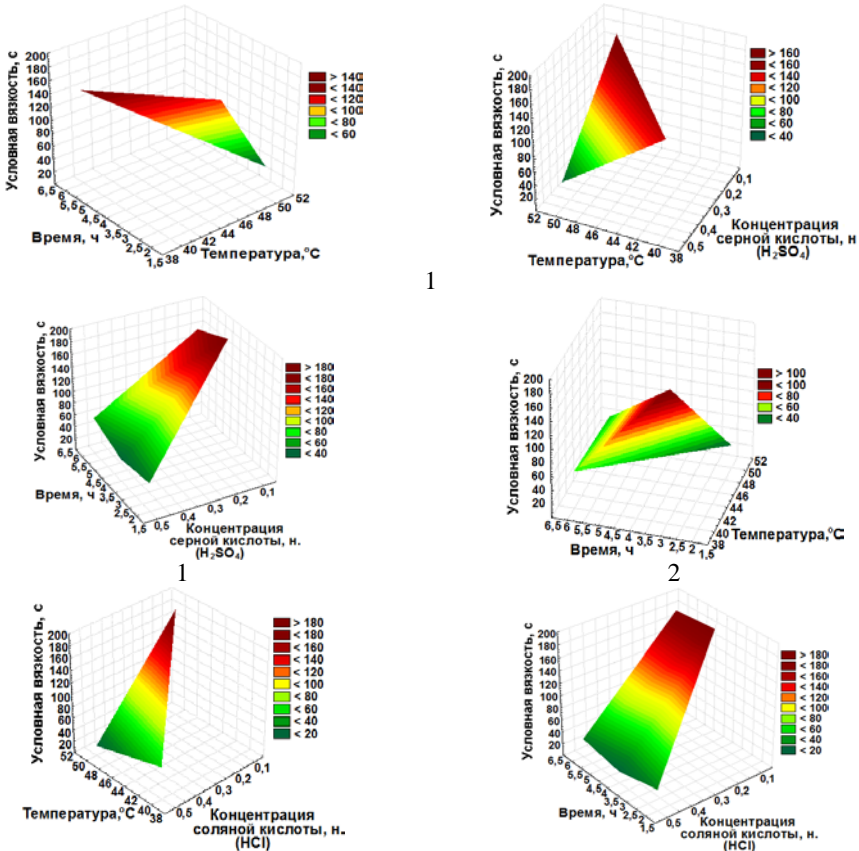


Рис. 1. Зависимость условной вязкости 6-процентного водного клейстера картофельного крахмала от условий холодного кислотного гидролиза:
1 — серная кислота (H_2SO_4); 2 — соляная кислота (HCl)

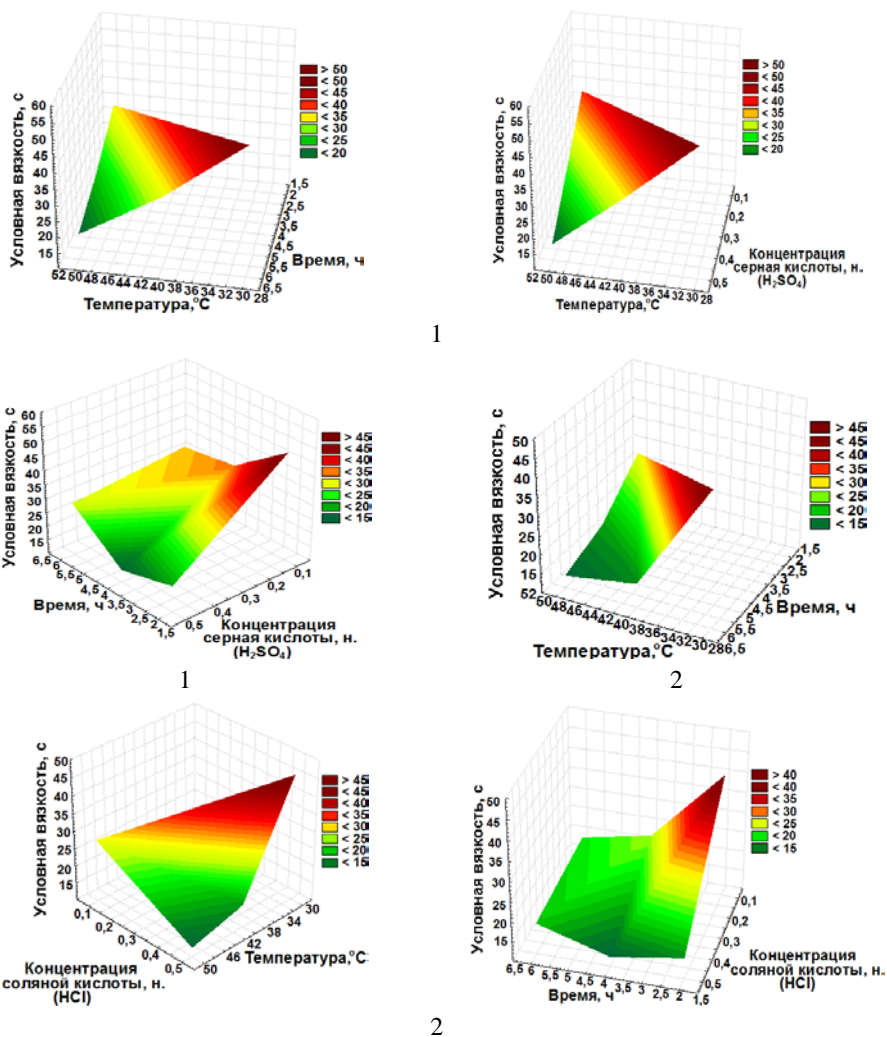
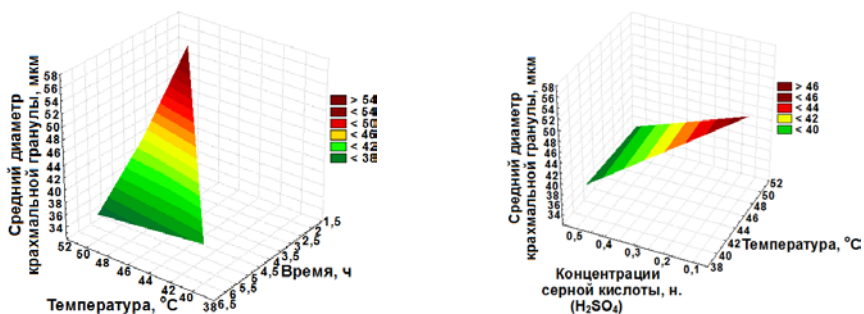
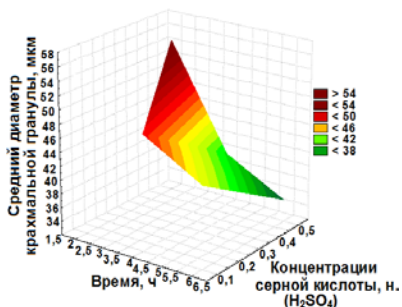


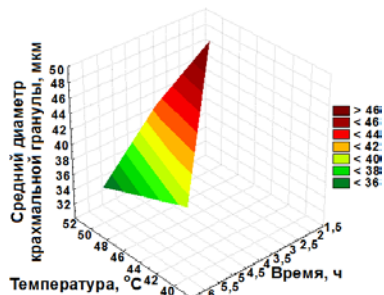
Рис. 2. Зависимость условной вязкости 6-процентного водного клейстера кукурузного крахмала от условий холодного кислотного гидролиза:
1 — серная кислота (H_2SO_4); 2 — соляная кислота (HCl)



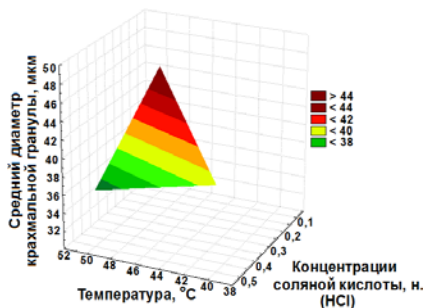
1



1



2



2

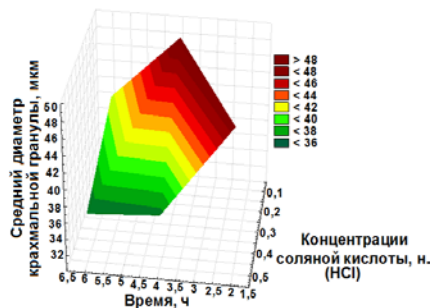
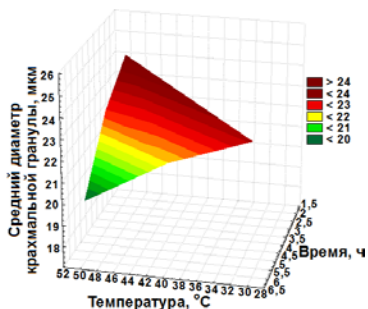
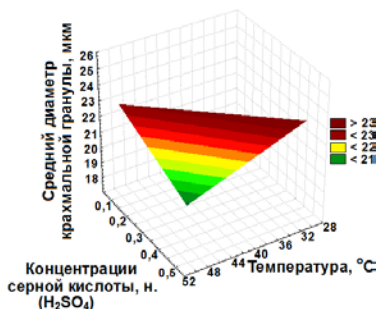
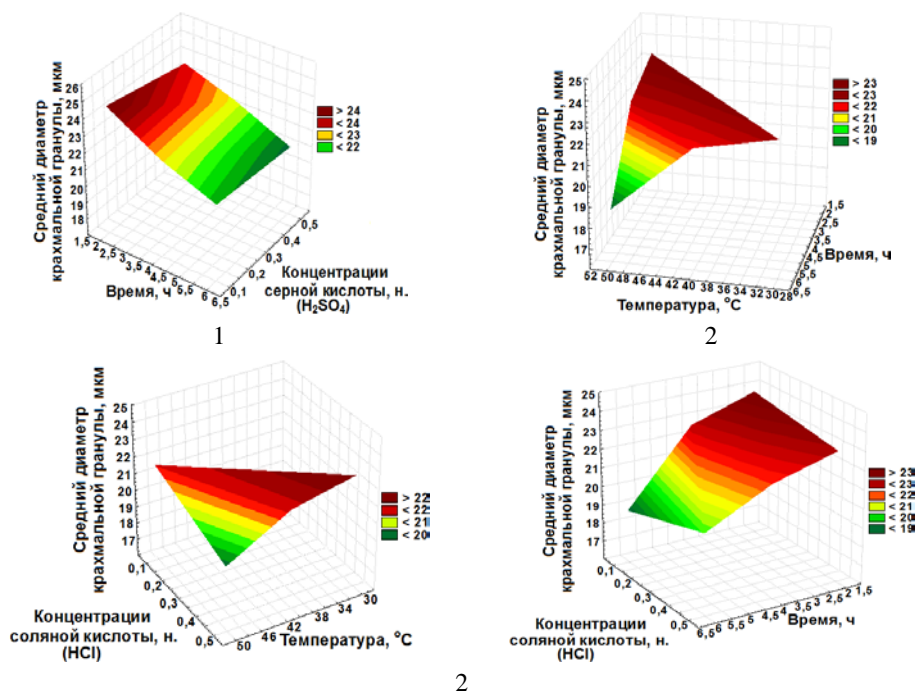


Рис. 3. Зависимость среднего диаметра гранул картофельного крахмала от условий холодного кислотного гидролиза: 1 — серная кислота (H₂SO₄); 2 — соляная кислота (HCl)



1





2

Рис. 4. Зависимость среднего диаметра гранул кукурузного крахмала от условий холодного кислотного гидролиза: 1 — серная кислота (H₂SO₄); 2 — соляная кислота (HCl)

Анализ экспериментальных данных (табл. 1, 2 и рис. 1—4) показывает, что наибольший эффект снижения условной вязкости и размера крахмальных гранул отмечен под влиянием соляной кислоты при концентрации 0,5 н., температуре 50±3°С и времени гидролиза 6 часов. Серная кислота, по сравнению с соляной, менее активно гидролитически расщепляла крахмал. У кукурузного крахмала в сравнении с картофельным крахмалом наблюдался больший эффект кислотного гидролиза (уменьшение среднего размера крахмальных гранул при одновременном понижении условной вязкости крахмальных клейстеров). Следовательно, можно предположить, что в результате различий в строении крахмальных гранул (соотношения амилозы и амилопектина, типов кристаллитов, средней влажности, среднего размера крахмальных гранул, наличия других веществ и т.д.) [1] кукурузный крахмал по сравнению с картофельным имел большее сродство к кислотному гидролизу и гидролитически расщеплялся при одинаковых условиях быстрее, чем картофельный крахмал.

Нативный крахмал — природный полимер, в котором мономеры (остатки α-D-глюкопиранозы) связаны α-(1→4)- и α-(1→6)-глюкозидными связями, образуя амилозу (полисахарид линейного строения) и амилопектин (полисахарид разветвленного строения). Крахмальные фракции (амилоза и амилопектин) компактно упакованы в крахмальные зерна (или гранулы) [1; 9; 10].

Согласно полученным нами результатам, а также известным данным [1; 9; 10] крахмальные зерна имеют овальную, сферическую или неправильную

форму, их диаметр колеблется в пределах 0,001—0,2 мм. Крахмальные зерна разделяются на простые и сложные: простые зерна представляют собой однородные образования; сложные — сочетание более мелких частиц. Плотность крахмала равна в среднем 1,5 кг/м³.

На основании анализа особенностей строения нативного крахмала можно сделать предположение, что основной структурной единицей, обуславливающей его свойства, является крахмальное зерно (гранула) [1; 9; 10]. Так, особенности размера и формы крахмальных зерен обуславливают проявление следующих характеристик крахмала:

1. Количество связанной влаги (чем больше крахмальная гранула, тем больше связанной влаги имеется в крахмале и наоборот).

2. Температуру клейстеризации (чем больше крахмальная гранула, тем меньше температура ее клейстеризации и наоборот).

3. Соотношение крахмальных фракций — разветвленной фракции амилопектина и линейной амилозы (формирование крахмальной гранулы обусловлено взаимодействием линейных участков амилопектина друг с другом или с амилозой).

4. Реологические характеристики крахмального клейстера (вязкость крахмального клейстера обусловлена соотношением крахмальных фракций амилопектина и амилозы).

Температура клейстеризации, количество связанной влаги, вязкость крахмального клейстера, соотношение крахмальных фракций, цвет йодной пробы и другие физико-химические свойства обуславливаются (определяются) особенностями размера и формы крахмальных зерен.

Известно [1; 11], что кислотноголизованные крахмалы находят широкое применение в пищевой промышленности для приготовления мягких конфет, жележных изделий, рахат-лукума, корпусов шоколадных конфет, пудинговых смесей, пастилы, жевательных резинок, в качестве стабилизатора фруктовых и ягодных желе, а также для получения защитных плёнок. Также известно [11] различное использование кислотноголизованного крахмала в технических целях:

- в текстильной промышленности для шлихтования основ и отделки как хлопчатобумажных, так и смешанных тканей;

- в производстве жидких подкрахмаливающих средств и т.д.

Найдено применение полученных кислотноголизованных крахмалов с высокой текучестью крахмального клейстера (условной вязкостью 10—15 с) в пищевой промышленности для приготовления кисельных напитков в качестве структурообразователя, а также в технических целях при производстве гипскартонных изделий на ОАО «БелГИПС» в качестве связующего средства, а при производстве стекловолокна на ОАО «Полоцк-Стекловолокно» в качестве загустителя.

Выводы

В результате осуществления холодного кислотного гидролиза минеральными кислотами картофельного и кукурузного крахмала с сохранением

крахмальных гранул наблюдается снижение условной вязкости при одновременном уменьшении среднего размера крахмальных гранул. Наибольший эффект отмечен при использовании соляной кислоты 0,5 н. концентрации, при температуре $50 \pm 3^\circ\text{C}$ и времени гидролиза 6 часов. Большое сродство к кислотному гидролизу имел кукурузный крахмал. Гранулы картофельного крахмала подвергались гидролизу с большим трудом, чем гранулы кукурузного крахмала.

Найдено применение кислотногидролизированных крахмалов с условной вязкостью крахмального клейстера 10—15 с в пищевой промышленности для приготовления кисельных напитков в качестве структурообразователя и в технических целях при производстве гипсокартонных изделий на ОАО «БелГИПС» в качестве связующего средства, при производстве стекловолокна на ОАО «Полоцк-Стекловолокно» в качестве загустителя.

Литература

1. Полумбрик М. О., Литвяк В. В., Ловкис З. В., Ковбаса В. Н. Углеводы в пищевых продуктах. Минск: ИВЦ Минфина, 2016. 592 с.
2. Bej V., Basu R.K., Ash S.N. Kinetic studies on acid catalysed hydrolysis of starch. *Journal of scientific and industrial research*. 2008. Vol. 67. No.4. P. 295—298.
3. Лукин Н. Д. К 200-летию открытия каталитической реакции гидролиза крахмала. *Пищевая промышленность*. 2011. № 11. С. 44—45.
4. Garba M. U., Abubakar Mohammed, Etim E. D. A Kinetic Study of the Enzymatic Hydrolysis of Cassava Starch. *International Journal of Science and Engineering Investigations*. 2012. Vol. 1. No.11. P. 65—70.
5. Chavan Ram, Saxena Kunjan, Tigote Dhananjay Optimization of Acid Hydrolysis Process for Free Glucose Recovery From Starch. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 2015. Vol. 2. No. 12. P. 55—58.
6. Wang S., Copeland L. Effect of Acid Hydrolysis on Starch Structure and Functionality: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013. Vol. 55. No. 8. P. 1081—1097.
7. Sun Qingjie, Zhu Xiaolei, Si Fumei, Xiong Liu Effect of acid hydrolysis combined with heat moisture treatment on structure and physicochemical properties of corn starch. *Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 52. No. 1. P. 375—382.
8. Арнаут С. А., Литвяк В. В., Алексеенко М. С. ТУ ВУ 190239501.889-2015 «Крахмал кислотногидролизированный». РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Минск, 2015. 20 с. Государственная регистрация №043217 от 12.02.2015 г.
9. Атлас: морфология полисахаридов / В. В. Литвяк, Г. Х. Оспанкулова, Д. А. Шаймерденова, Н. К. Юркштович, С. М. Бутрим, Ю. Ф. Росляков. Астана: ТОО «EDIGE», 2016. 335 с.
10. Литвяк Владимир, Алексеенко Маргарита, Канарский Альберт Формирование крахмальной гранулы и механизм химической модификации крахмала. *Наука и инновации: научно-практический журнал*. 2016. № 3(157). С. 63—67.
11. Алексеенко М. С., Литвяк В. В. Применение кислотногидролизированных крахмалов. Наука, питание и здоровье: материалы конгресса (Минск, 8, 9 июня 2017 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; редкол.: З.В. Ловкис [и др.]. Минск: Беларуская навука, 2017. С. 203—211.

ASSESSMENT OF RISKS OF MARMALADE PRODUCTS

O. Ukrainets, N. Gregirchak

National University of Food Technologies

Key words:

HACCP system
Marmalade products
Biosafety
Risk analysis

Article history:

Received 10.07.2019
Received in revised form
29.07.2019
Accepted 14.08.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The paper presents the results of risk analysis in the manufacture of marmalade products. At each stage, the samples were controlled by the total number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms as well as mold and yeast spore form of bacteria *Escherichia coli* as an indicator of microbiological safety, the sanitary and hygienic state of equipment, staff and premises were evaluated. It has been established that non-compliance with the sanitary and hygienic conditions of manufacture, can cause spoilage to the finished product and cause damage to human health. Most of confectionery products are perishable and are a good nutrient medium for the development of microorganisms, which can cause food poisoning. In addition to various saprophytic aerobic bacteria, yeasts in them may be pathogen-microorganisms that fall into the product, are well stored in it and, at optimal temperature conditions, multiply rapidly.

Application of the HACCP system to improve the production technology helps to control the hazardous factors and their identification in order to guarantee the safety of the finished product. The modern approach to food safety in the world involves the introduction of food safety management systems on the basis of the concept of risk analysis and critical control points at the enterprises that produce and market them. The HACCP system in the production activities of domestic enterprises will be an important step in ensuring the population safe food products in our country, as well as improving the efficiency of the functioning of the food industry in Ukraine.

ОЦІНКА РИЗИКІВ МАРМЕЛАДНИХ ВИРОБІВ

О. О. Українець, Н. М. Грегірчак

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати аналізу ризиків при виготовленні мармеладних виробів. На кожному етапі досліджень зразків контролювалася загальна кількість МАФАМ, пліснявих грибів і дріжджів, спороутворювальних бактерій групи кишкової палички як показник мікробіологічної безпеки, а також оцінено санітарно-гігієнічний стан обладнання, персоналу та приміщення. Встановлено, що недотримання санітарно-гігієнічних умов виробництва може стати причиною псування готового виробу та завдати шкоди здоров'ю людини. Крім різних сапрофітних аеробних бактерій, дріжджів, у кондитерських виробках можуть бути патогенні мікроорганізми, які, потрапивши у виріб, добре в ньому зберігаються і за оптимальних температурних умов швидко розмножуються. Ризики інфікування можуть відбутися на будь-якій стадії технологічного процесу, тому необхідною є оцінка санітарного стану виробництва, постійного та суворого контролю за перебігом технологічного процесу, контролю на кожному його етапі виробництва.

Застосування системи НАССР при удосконаленні технології виробництва сприяє контролю небезпечних чинників та їх ідентифікації з метою гарантування безпечності готового продукту. Сучасний підхід до безпеки продуктів харчування у світі та управлінні зокрема передбачає впровадження на підприємствах, які їх виробляють і реалізують, систем управління безпекою харчових продуктів на основі концепції аналізу ризиків і критичних точок контролю. Система НАССР у виробничій діяльності вітчизняних підприємств стане важливим кроком на шляху забезпечення населення нашої країни безпечними продуктами харчування, а також дасть змогу підвищити рівень ефективності функціонування харчової промисловості України.

Ключові слова: система НАССР, мармеладні вироби, біобезпека, аналіз ризиків.

Постановка проблеми. Безпечність харчових продуктів є важливим питанням, нерозривно пов'язаним зі здоров'ям суспільства у всіх країнах світу. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ФАО ВООЗ) захворювання, що асоціюються з харчовими продуктами, являють собою надзвичайно складну для вирішення проблему не тільки у країнах, що розвиваються, а й у розвинутих країнах, з огляду на суттєву шкоду для здоров'я людей і значні економічні збитки.

Більше однієї третини населення розвинутих країн потерпають від харчових захворювань кожного року і, звичайно, проблема є більш складною та глибшою для країн, що розвиваються. В останні роки питання безпеки харчових продуктів непокоять громадськість, починаючи з генетично модифікованих продуктів і до відкликаних продукції, пов'язаних з харчовими інтоксикаціями [1].

Крім того, у прогресивних країнах світу починають змінюватись підходи до способу життя й створення харчової продукції, в тому числі й кондитерських виробів, і до основних вимог її якості та безпечності входить користь харчової продукції для здоров'я [1; 2].

Важливу роль у системі оцінки безпеки готової продукції відіграє мікробіологічний аналіз, за допомогою якого можна виявити якісний і кількісний склад мікробіоти, що впливає на якість продукту та дає змогу оцінити й удосконалити управління мікробіологічними ризиками.

При приготуванні мармеладних виробів удосконаленої рецептури використовують різноманітні добавки, які у своєму складі містять велику кількість активних речовин і, відповідно, є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів та подальшого ймовірного псування мармеладних виробів. Окрім того, збагачувальні компоненти й самі містять певну кількість мікроорганізмів, й становлять значний ризик продукту. Тому дослідження мікробіологічних показників добавок є важливим і необхідним. Слід зазначити, що сучасний підхід до безпеки продуктів харчування у світі та управління зокрема, передбачає впровадження на підприємствах, які їх виробляють і реалізують, систем управління безпекою харчових продуктів на основі концепції аналізу ризиків і критичних точок контролю НАССР. Система НАССР є науково обґрунтованою системою, що дає змогу гарантувати виробництво безпечної продукції шляхом ідентифікації і контролю ризиків, а застосування програм-передумов системи НАССР мінімізуватиме фактори ризику на кожному із виробничих етапів [2; 3].

Метою статті є оцінка мікробіологічної безпечності фруктово-ягідного мармеладу удосконаленої рецептури та аналіз ризиків на етапах його виробництва за використання принципів системи НАССР.

Матеріали і методи. Комплексна оцінка якості мармеладних виробів, гарантує повну нешкідливість продукту, вона може бути розроблена тільки з урахуванням мікробіологічних вимог, які передбачають дослідження продукту за певними мікробіологічними критеріями. До них належать показники кількісного вмісту сапрофітної мікрофлори, або відсутність патогенних і потенційно-патогенних мікроорганізмів і продуктів їх життєдіяльності, а також визначення стійкості продукту при зберіганні. Це, у свою чергу, дасть змогу оцінити та вдосконалити управління мікробіологічними ризиками при виробництві фруктово-ягідного мармеладу [4; 5].

Аналіз мікробіологічних показників мармеладу здійснювали, використовуючи норми ДСТУ 4333:2004 «Мармелад». Згідно зі стандартом зберігання фруктово-ягідного мармеладу не повинне перевищувати 3 місяці [6]. Дослідження динаміки зміни показників мікробіологічної безпеки і стабільності мармеладних виробів у процесі зберігання проводилося протягом 90 діб. Контрольованими були такі показники: кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (КМАФАМ), наявність бактерій групи кишкової палички (БГКП) та золотистого стафілококу, кількість дріжджів і пліснявих грибів. Також проведено санітарно-гігієнічну оцінку обладнання, персоналу та приміщення, задіяного у виробництві.

Окрім вищеназваних мікробіологічних показників, визначених стандартом, перевіряли кількість спороутворювальних (СУБ) бактерій, оскільки за підвищеної кількості СУБ у сировині і готовій продукції може виявлятися достатня кількість бактерій роду *Bacillus*, в т.ч. умовно-патогенних бактерій *Bacillus cereus*, які є небезпечними для здоров'я людини [7].

Сировину, напівфабрикати і готову продукцію досліджували органолептичним методом за ДСТУ 4683:2006 і розробленою 30-бальною шкалою, яка додатково включала показники пружності й еластичності.

Масову частку сухих речовин визначали за допомогою рефрактометра за ДСТУ 4910:2008. Вміст редуруючих речовин визначали ферріціанідним методом за ДСТУ 5059:2008. Титруючу й активну кислотність визначали згідно з ДСТУ 5024:2008. Активну кислотність — за допомогою рН-метра.

Результати і обговорення. Як уже зазначалося, на сьогодні асортимент кондитерських виробів є значним. Такі вироби споживаються всіма верствами населення, тому якість і безпечність продукту є важливою умовою при їх виробництві. Оскільки багато мікроорганізмів в готовий продукт можуть потрапляти на етапі пакування або через їх стійкість за термічної обробки, то необхідним є оцінка цього ризику та управління ним [8].

Мармелад фасують у пакети з целофану, полімерних і металізованих плівок або інші пакувальні матеріали, дозволені до використання МОЗ України, масою нетто, що не перевищує 500 г. Пакети повинні бути термоспаяні або перев'язані стрічкою, галунним шнуром, або заклеєні ярликом з нанесенням товарного знаку підприємства [6].

Оскільки процеси пакування й термозапаювання є однією з критичних точок при виробництві фруктово-ягідного мармеладу, то необхідною є оцінка ризиків на цьому етапі. Для порівняння ці технологічні етапи проводили з дотриманням асептичних умов (в боксі) та за звичайних умов виробництва. Аналіз санітарної оцінки приміщення наведений в (табл. 1, 2).

Таблиця 1. Санітарна оцінка приміщення

Об'єкт	Загальна кількість мікроорганізмів в 1 см ³		Примітка
	норматив	результат	
Поверхня робочих столів	< 100	> 345	Вказує на ризик потрапляння мікроорганізмів у процеси виготовлення та пакування.
Поверхня стін		> 620	
Змиви з посуду, інвентарю		> 120	

Таблиця 2. Санітарна оцінка боксу

Об'єкт	Загальна кількість мікроорганізмів в 1 см ³		Примітка
	норматив	результат	
Поверхня робочих столів	< 100	> 75	Ризик потрапляння мікроорганізмів під час процесу пакування малоімовірний
Поверхня стін		> 87	
Змиви з посуду, інвентарю		> 56	

У змивах зі стін і робочих столів приміщення виявлена мікробіота верхніх дихальних шляхів, наявність якої вказує на ризик мікробіологічного забруднення в процесі виготовлення та пакування мармеладу. У змивах загальна кількість мікроорганізмів і титр кишкової палички не повинні перевищувати їхнього вмісту в питній воді, тобто не більше 100 см^3 згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води» та ДСанПіН 4.4.4-011-98 «Гігієна харчування. Підприємства харчової та переробної промисловості» [9; 10]. Тому дотримання санітарно-гігієнічних вимог гарантує зменшення ризиків та ймовірність потрапляння мікроорганізмів на стадії пакування готового виробу.

Серед умов, які сприяють потраплянню сторонньої мікробіоти до продукту, є недотримання санітарно-гігієнічних вимог персоналом, оскільки процеси виготовлення та пакування продукції здійснюються за його безпосередньої участі (табл. 3).

Таблиця 3. Санітарно-гігієнічна оцінка персоналу

Об'єкт	Загальна кількість мікроорганізмів в 1 см^3		Примітка
	норматив	результат	
Персонал (змив з рук)	5000—10000	4340	Результат не перевищує встановлених меж, а отже, не несе ризику забруднення продукту, але відмічена наявність БГКП
Одяг	3000	2200	

Повітря виробничих ділянок вважається чистим, якщо в ньому міститься не більше 200 сапрофітних мікроорганізмів в 1 м^3 . Другим показником є кількість в тому ж обсязі повітря санітарно-показових мікроорганізмів — гемолітичних стрептококів і стафілококів. Нормативи за цим показником у натеper не визначені [1].

За результатами аналізу в 1 м^3 повітря приміщення виявлено 980 КУО, в тому числі і роду *Staphylococcus*, що вказує на можливість передачі повітряно-крапельним шляхом захворювань, збудниками яких є мікрофлора верхніх дихальних шляхів персоналу. Це може послужити джерелом обміненія продукту, а отже, становити потенційну небезпеку для здоров'я людей. У боксі в 1 м^3 повітря виявлено 105 КУО, а отже, ризик потрапляння мікроорганізмів за дотримання вимог підготовки повітря, відповідної санітарної підготовки персоналу, самого приміщення тощо зменшується не лише на стадіях технологічного процесу, а й на етапі пакування.

Так, при виготовленні та пакуванні фруктово-ягідного мармеладу встановлено перевищення нормативу КМАФAM $1 \cdot 10^3$ КУО/г вже на першу добу зберігання, а при пакуванні з дотриманням умов асептики перевищення показника не виявлено. Тож упродовж регламентованого терміну зберігання 3 місяці згідно з ДСТУ 4333:2004 «Мармелад» прослідковувалася тенденція до збільшення росту сапрофітних мікроорганізмів у виробках, що готувались і

пакувались в умовах лабораторії, а також відмічена наявність мікроорганізмів БГКП та *Staphylococcus* в лабораторії. Тому недотримання санітарно-гігієнічних умов у виробничому приміщенні призводить до високої обнасіненості готового виробу, оскільки сировина відповідала встановленим мікробіологічним нормативам.

Оскільки ризик інфікування при виробництві мармеладу може статися не тільки від вихідної сировини, а й на будь-якій стадії технологічного процесу, то доцільним є проведення аналізу ризиків на кожному з етапів.

Таблиця 4. Ризики інфікування при виробництві фруктово-ягідного мармеладу

№	Джерело/етапи виникнення ризику	Види ризику		
		Мікробіологічний	Хімічний	Фізичний
1.	Сировина			
1.1	Тернове, кизилове, обліпихове пюре	КМАФАНМ, плісневий гриб, дріжджі, <i>Bacillus cereus</i> , БГКП, патогенні мікроорганізми	Відхилення від фізико-хімічних показників	Наявність механічних домішок
1.2	Вуглеводи	КМАФАНМ, плісневий гриб, дріжджі, <i>Bacillus cereus</i> , БГКП, патогенні мікроорганізми		Наявність механічних домішок
1.3	Структуруючі речовини	КМАФАНМ, плісневий гриб, дріжджі	Відхилення від драглетвірної здатності	Наявність механічних домішок
1.4	Вода питна	КМАФАНМ, БГКП, <i>Staphylococcus aureus</i>	Перевищення вмісту хімічних речовин	Те саме
2.	Технологічний процес			
2.1	Набухання структуруючої речовини у воді	Контамінація сторонньою мікрофлорою		Недотримання технологічних режимів (температура, тривалість)
2.2	Темперування фруктово-ягідних пюре	Контамінація сторонньою мікрофлорою	Перевищення вмісту сухих речовин та фізико-хімічних показників	Недотримання технологічних режимів (температура, тривалість)
2.3	Уварювання мармеладної маси	Контамінація сторонньою мікрофлорою		Недотримання технологічних режимів (температура, тривалість)
2.4	Відливання у форми, охолодження та виймання	Контамінація сторонньою мікрофлорою	Залишки мийно-дезінфікуючих засобів	Наявність механічних часток, уламки тари
2.5	Пакування мармеладу	Контамінація сторонньою мікрофлорою	Залишки мийно-дезінфікуючих засобів	Наявність механічних часток

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Санітарна підготовка виробництва				
3.1	Обладнання	КМАФАМ, БГКП	Залишки мийно-дезінфікуючих засобів	Наявність механічних часток
3.2	Повітря	<i>Bacillus, Aspergillus, Penicillium, Micrococcus albus</i>		Наявність механічних часток
3.3	Персонал	КМАФАМ, БГКП, <i>Staphylococcus aureus</i>		Волосся, нігті, ювелірні прикраси персоналу

Отже, знаючи склад і умови зберігання продукції, за допомогою певних технологічних прийомів (теплової обробки, охолодження, використання антиоксидантів тощо), правильно підбраної упаковки продукції, при суворому дотриманні санітарно-гігієнічних норм і встановлених правил транспортування та зберігання можна гарантувати збереження і безпеку продукції протягом всього терміну придатності.

Висновки

Проведений мікробіологічний аналіз мармеладу, упакованого в термоспаяні пакети, дає змогу зробити такі висновки:

1. Аналіз всіх небезпечних факторів на кожному з етапів виробництва, мінімізує ризики та гарантує безпечність готового кондитерського виробу.

2. Проведення аналізу безпеки є центральним елементом будь-якого плану НАССР, оскільки ризики повинні бути ідентифіковані, проаналізовані та зрозумілі до того, як можна визначити ефективні контрольні заходи.

3. За даними мікробіологічного аналізу в готових мармеладних виробках не виявлено золотистого стафілококу як індикатора забруднення верхніх дихальних шляхів, і БГКП як індикатора фекального забруднення, але відмічена його наявність у лабораторії.

Література

1. Dashkovskyy O. Hazard analysis and critical control points (НАССР), the production of meat sausages. *Scientific Messenger of LNU*. 2016. Vol. 18, No 3. P. 83—87.
2. Стрельникова Д. В. Сегментация украинского рынка кондитерских изделий. *Економіка та держава*. 2013. № 3. С. 69 – 71.
3. Carol A. W. НАССР — The difficulty with Hazard Analysis. *Food Control*. 2014. Vol. 34, No. 1. P. 233—240.
4. Іоргачова К. Г. Технологія кондитерського виробництва. Одеса: Омекс-прошг, 2012. 204 с.
5. Снігир Н. В., Величко С. О., Сірик В. О. Безпека харчових продуктів — мікробіологічні ризики. *Ліки України*. 2015. № 4. С. 15—18.
6. ДСТУ 4333:2004 «Мармелад» Загальні технічні умови. [Чинний від 2004-05-07]. Вид. офіц. Київ, 2004. 16 с.
7. Белясова Н. А. Микробиология. Москва: Вишяя школа, 2012. 443 с.
8. Fortune A. Food safety knowledge, attitudes and practices of institutional food-handlers. *BMC Public Health*. 2017. April 2. P. 2—9.
9. ДСанПіН 4.4.4-011-98 «Гігієна харчування. Підприємства харчової та переробної промисловості» [Чинний від 1998-09-11]. Вид. офіц. Київ, 1998. 22 с.
10. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води». [Чинний від 2010-05-12]. Вид. офіц. Київ, 2010. 26 с.

THE MATHEMATICAL MODEL FOR PROGNOSING THE AMOUNT OF ASCORBIC ACID IN THE FROZEN BERRIES

S. Kaminska, T. Mysiura, G. Simakhina

National University of Food Technologies

Key words:

Berries
Ascorbic acid
Freezing
Cryoprotectors
Experiment planning
Mathematical model

Article history:

Received 12.07.2019
Received in revised form
06.08.2019
Accepted 23.08.2019

Corresponding author:

S. Kaminska
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The international and domestic experience is an evidence that preservation by freezing is the most effective method to store the fruit and berry raw materials. However, the traditional methods of preservation do not mention the phenomena of cryogenous damages and cooling stresses to which the cells are exposed. As a result, the frozen half products after long-term frozen storage and subsequent defrosting have got the low qualitative and sensory indices and therefore do not have demand in consumers. The most negative result is the significant loss of ascorbic acid that is the priority index of quality of all the fruit and berry cultures.

Henceforth, in the novelty conditions, the freezing technology improvement should go on as the optimal combination of artificial cold and other factors (including the preliminary procession of fruit and berries by various cryoprotectors — the substances to avoid the cryogenous damages of cells and tissue of biological objects — before freezing). Dozens of compounds of organic and mineral origin can serve as the cryoprotectors; thus, the selection of the most effective of them, based on the use of mathematical modeling methods, is the relevant but insufficiently researched trend.

This work is aimed at the solution of this problem. The authors of this article accomplished the three-factor experiment to determine the optimal parameters of concentration of the components for the complex cryoprotector (which is the mixture of glucose and citric acid) and duration of the preliminary procession of berries by it. On the base of obtained data, we found out that the optimal parameters to maximally retain ascorbic acid in black currant, for instance, were a) the concentration of 1 percent of citric acid and 15 percents of glucose solution in the complex cryoprotector, and b) 35-minute duration of the preliminary procession of berries. The regression equation obtained in the article was adequate to the experiment conducted, which was proved by comparison of dispersions.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ВМІСТУ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ В ЗАМОРОЖЕНИХ ЯГОДАХ

С. В. Камінська, Т. Г. Мисюра, Г. О. Сімахіна
Національний університет харчових технологій

Світовий і вітчизняний досвід свідчить про те, що найбільш ефективним сучасним способом зберігання плодово-ягідної сировини є її консервування заморожуванням. Проте традиційні методи заморожування не враховують явищ кріоушкодження клітин матеріалів і тих холодових стресів, яких вони зазнають. У результаті заморожені напівфабрикати при тривалому зберіганні, особливо після дефростації, мають низькі якісні й органолептичні показники і не користуються попитом у споживачів. Також негативним явищем є значні втрати аскорбінової кислоти, яка є пріоритетним показником якості всіх плодово-ягідних культур.

Тому в нинішніх умовах вдосконалення технології заморожування має розвиватись шляхом оптимального поєднання штучного холоду та інших чинників, наприклад, попереднього оброблення плодів та ягід перед заморожуванням розчинами різних кріопротекторів — сполук, які запобігають кріоушкодженню тканин і клітин біооб'єктів. Десятки різних сполук органічної та мінеральної природи можуть виступати як кріопротектори, тому вибір серед них найбільш ефективних, що ґрунтується на використанні методів математичного моделювання, є актуальним і досі малодослідженим напрямом.

У статті на основі здійсненого трифакторного експерименту визначено оптимальні значення концентрації компонентів комбінованого кріопротектора (суміші глюкози та лимонної кислоти) й тривалості оброблення ним об'єктів заморожування. На основі отриманих даних з'ясовано, що, наприклад, у ягодах чорної смородини максимальне збереження аскорбінової кислоти досягається при концентрації розчину лимонної кислоти 1% та розчину глюкози 15% у складі комбінованого кріопротектора й тривалості оброблення ягід протягом 35 хв. Отримане рівняння регресії є адекватним проведеному експериментові, що підтверджується порівнянням дисперсій.

Ключові слова: ягоди, аскорбінова кислота, заморожування, кріопротектори, планування експерименту, математична модель.

Постановка проблеми. Одним із сучасних способів отримання високоякісних заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів є швидке заморожування, при якому уповільнюються всі біохімічні процеси в клітинах, відбувається інгібування окисних ферментів і зменшується руйнівна дія мікроорганізмів.

За прогнозами аналітиків, попит на заморожену плодово-ягідну та овочеву продукцію в усьому світі зростає, її товарообіг щорічно збільшується майже на 4% [1; 2]. І це цілком закономірно. Використання штучного холоду викликає мінімальні зміни харчової та біологічної цінності сировини й отриманих з неї готових продуктів, їхньої якості та органолептичних показників [3]. Разом

з тим за економічністю та, особливо, питомими витратами енергії спосіб консервування харчових матеріалів заморожуванням має значні переваги перед методами теплового оброблення — пастеризацією, стерилізацією, сушінням тощо [4].

Недаремно за прогнозами фахівців і за даними ЮНЕСКО у міжнародному прогнозі «Іжа. Третє тисячоліття» пріоритетним методом консервування харчової сировини визнано штучний холод у всіх його модифікаціях і варіантах використання [5—7].

Однак застосування традиційних технологій заморожування призводить до того, що біооб'єкти зазнають значних кріоушкоджень, при їх дефростації втрачається клітинний сік, а разом із ним — біологічно активні речовини, передусім аскорбінова кислота, яка, власне, і становить основну цінність плодово-ягідної сировини.

Тому найбільш ефективним, глибоким і вагомим підходом до вдосконалення технології заморожування рослинного матеріалу є його первинне оброблення розчинами органічних і мінеральних сполук — кріопротекторів, які запобігають ушкодженню клітин і структур біологічних об'єктів при впливі низьких температур [8], при зберіганні та дефростації, завдяки чому забезпечується мінімальні втрати клітинного соку при дефростації, що означає вищу харчову і біологічну цінність готового продукту, його смак, аромат, консистенцію та колір.

Результати літературних даних і власних експериментальних досліджень переконливо свідчать про те, що мінімізації втрат аскорбінової кислоти при заморожуванні та зберіганні ягід можна досягти саме за допомогою методів кріопротекції.

Цей напрям мало досліджений у працях і вітчизняних, і зарубіжних науковців, тому його розвиток і встановлення певних закономірностей максимального збереження аскорбінової кислоти, в тому числі за допомогою методів математичного моделювання, є актуальним як для теорії, так і для практичного вдосконалення технологій заморожування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Планування експерименту може застосовуватись як для однофакторного експерименту, так і для багатфакторного. Планування однофакторного експерименту передбачає варіювання лише одного фактора на декількох рівнях. При цьому всі інші фактори залишаються незмінними. Це в подальшому може призвести до прийняття хибних рекомендацій та рішень. При застосуванні планування в багатфакторному експерименті передбачається варіювання одночасно декількома параметрами. В цьому випадку планування дає можливість всебічно проаналізувати експеримент, визначити величини задіяних факторів та їх якісний вплив на характеристики тощо. Тобто планування багатфакторного експерименту передбачає розширений і більш раціональний підхід до проведення експериментальних досліджень складних процесів [9].

Математичне моделювання дає змогу проаналізувати поведінку об'єкта з різними значеннями фізичних величин і технічних параметрів, а також отримати характеристики і показники, які складно визначити експериментально.

Залежно від прийнятих положень при складанні моделі один і той же процес можна описати різними математичними моделями й отримати різний ступінь точності. Математичне моделювання розглядається як узагальнення фізичного способу розширеного кодування фізичних величин. Це дає можливість додатково спростити практичні завдання, пов'язані з пошуком оптимальних технологічних режимів, які знижують витрати на виробництво необхідної якості, визначають конструкції складових машин і обладнання, а також забезпечують стабільність процесу у встановленому оптимальному режимі [10].

Використання математичної моделі дає змогу розв'язати практичні завдання: знайти оптимальні параметри технологічного процесу, щоб досягти виробництва продукту найвищої якості. В нашому випадку підібрати оптимальну тривалість оброблення, створити комбінований кріопротектор, який забезпечить максимальне збереження вітаміну С при заморожуванні, а також прогноз зміни вмісту вітаміну С від зовнішніх чинників — зміни концентрації кріопротектора та тривалості оброблення ягід.

Математичне моделювання є основним сучасним методом системного дослідження. Як правило, концептуальна модель об'єкта дослідження включає проектування, формалізацію і перетворення її на математичну або комп'ютерну модель, методологію аналізу і роботи, а також подальше вивчення моделі, отриманої за допомогою сучасних комп'ютерних технологій. Використання методів моделювання забезпечує отримання більш точної інформації про поведінку і характеристику досліджуваних систем і процесів, ніж при їх безпосередньому вивченні, витрачаючи при цьому менше коштів і часу [11].

Не випадково елементи математичного моделювання використовуються з часу виникнення точних наук, а деякі розрахункові методи, показники та критерії називаються іменами таких корифеїв, як Ньютон і Ейлер. Наступним етапом розвитку цієї системи був кінець 40—50-х років ХХ століття принаймні з двох причин. Першою з них є поява комп'ютерів. Це допомогло вченим зменшити величезний обсяг обчислювальної роботи. Друга — реалізація національних програм у СРСР і США для створення ядерного ракетного щита, яка не могла бути здійснена звичайними засобами. Математичне моделювання також слугувало цій меті: ядерні вибухи і ракетно-супутниковий політ спочатку спрогнозував комп'ютер з використанням математичних моделей, які пізніше були застосовані на практиці.

Математичне моделювання нині входить до структури інформаційного суспільства. Без володіння інформаційними ресурсами неможливо уявити рішення масштабних проблем, що стоять перед світовим співтовариством. Однак інформація не аналізує і не прогнозує, вона не може приймати рішення і контролювати їх реалізацію. Потрібні надійні способи перероблення інформації в готовий продукт, тобто точні знання. Історія математичного моделювання переконлива: воно повинне бути інтелектуальним ядром інформаційних технологій [12].

Проблема моделювання як вивчення різноманітних явищ і процесів знайшла своє відображення в працях А. Кочергіна, В. Венікова, М. Вартофського, І. Домашенка, О. Зинов'єва, В. Штоффа та ін.

Наприклад, В. Штофф під моделлю розуміє подумки подану або матеріально реалізовану систему, яка здатна відобразити або відтворити об'єкт дослідження так, що її вивчення дає нам нову інформацію про об'єкт [13].

Тож використання математичного моделювання в конкретному напрямі сприятиме розвитку та застосуванню нових ефективних методів заморожування, основним призначенням яких є збереження у цільовому продукті максимальної концентрації аскорбінової кислоти як найбільш лабільного складника всіх плодів та ягід.

Метою статті є практична реалізація однієї з відомих методик планування експерименту і побудова математичної моделі для прогнозування зміни вмісту вітаміну С у заморожених і дефростованих ягодах залежно від виду комбінованого кріопротектора та різної тривалості оброблення.

Викладення основних результатів дослідження. Розроблена технологія заморожування ягід з кріопротекторами допускає цілеспрямовану зміну всіх найбільш суттєвих вхідних факторів (тривалість обробки ягід кріопротекторами та підбір комбінованого кріопротектора) [14]. Тому для побудови математичної моделі нашого об'єкта ми застосовували повний факторний експеримент, тобто здійснили процедуру вибору числа й умов проведення досліджень, необхідних і достатніх для отримання математичної моделі процесу заморожування біооб'єктів. При цьому прагнули до мінімізації числа дослідів, одночасно варіюючи всі змінні, які визначають процес; обирали чітку стратегію, що дає змогу приймати обгрунтовані рішення після кожної серії дослідів [15].

Як уже зазначалося, метою заморожування плодово-ягідної сировини є максимальне збереження цінних її біокомпонентів, передусім вітаміну С. Тому параметром оптимізації ми обираємо показник вмісту аскорбінової кислоти у свіжій та замороженій сировині, оскільки саме він свідчить про досконалість розробленої технології. На збереження вмісту аскорбінової кислоти у заморожених напівфабрикатах найбільш істотний позитивний вплив справляє попереднє оброблення плодів та ягід розчинами кріопротекторів, їхній склад, тривалість оброблення.

Розглянемо ефективність попереднього оброблення плодово-ягідної сировини (на прикладі ягід чорної смородини). Для перевірки достовірності отриманих результатів складасмо математичні моделі та побудову плану фактичного експерименту.

Ми здійснили трифакторний експеримент для визначення умов попереднього оброблення ягід комбінованим кріопротектором — сумішшю глюкози і лимонної кислоти.

На основі результатів попередніх досліджень прийняли вміст лимонної кислоти від 0,5 до 1,5%, оскільки збільшення концентрації негативно впливало на органолептичні показники заморожених ягід. При трифакторному експерименті змінними виступають такі показники:

$x_1 (C_1)$ — вміст глюкози, %;

$x_2 (C_2)$ — вміст лимонної кислоти, %;

$x_3 (t)$ — тривалість оброблення, хв.

$y (BimC)$ — вміст вітаміну С в ягодах чорної смородини.

У загальному вигляді функцію можна представити так:

$$y = f(x_1, x_2, x_3). \quad (1)$$

Загальна схема математичної моделі має вигляд:

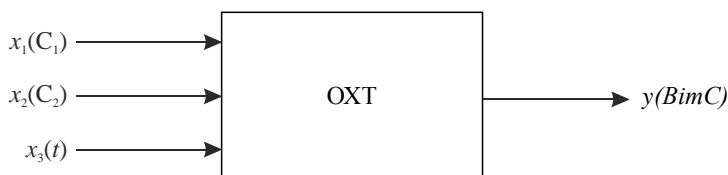


Рис. 1. Загальна схема математико-статистичної моделі

Залежність вхідних параметрів від вихідної функції є лінійною. З огляду на це складаємо рівняння регресії:

$$b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \quad (2)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ — коефіцієнти регресії.

Для проведення досліду складаємо спеціальні матриці планування експерименту з указаним їх числом і межами зміни факторів. Матриця являє собою перелік варіантів, взятих у серії дослідів. У безвимірному виразі верхній рівень буде позначений (+1), а нижній (-1).

У табл. 1 наведено матрицю трифакторного експерименту з факторами та параметром оптимізації (вмістом вітаміну С) в ягодах чорної смородини.

Таблиця 1. Матриця трифакторного експерименту

№ п/п	Фактори			Параметр оптимізації (вміст вітаміну С)			
	C ₁ , %	C ₂ , %	t, хв	y ₁	y ₂	y ₃	y _{ср.}
1	10	0,5	10	145,4	150,6	132,2	142,7
2	20	1,5	10	162,2	146,8	164,6	157,9
3	10	1,5	60	158,8	166,4	149,5	158,2
4	20	0,5	60	196,6	182,1	190,4	189,7
5	10	0,5	60	146,6	150,8	154,4	150,6
6	20	1,5	60	237,4	240,1	246,8	241,4
7	10	1,5	10	158,8	150,2	160,4	156,5
8	20	0,5	10	155,5	158,8	142,6	152,3

Враховуючи попередню інформацію, для цього експерименту можна обрати рівні факторів та інтервали їх варіювання, наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Умови проведення експерименту з попереднього оброблення ягід кріопротекторами

Умови експерименту	Позначення	Фактори		
		Вміст глюкози, C ₁ , %; (x ₁)	Вміст лимонної кислоти, C ₂ , %; (x ₂)	Тривалість оброблення, t, хв (x ₃)
Нульовий рівень	x ₀	15	1,0	35
Крок варіювання	Δx	5	0,5	25
Верхній рівень	x _i ⁺	20	1,5	60
Нижній рівень	x _i ⁻	10	0,5	10

Перевірка адекватності регресійної моделі виконується за критерієм Фішера [16; 17]:

$$F_p = \frac{S_{\text{заг}}^2}{S_0^2} = \frac{90,517}{56,25} = 1,61, \quad (3)$$

де $S_{\text{заг}}^2$ — дисперсія адекватності; S_0^2 — дисперсія відтворюваності; за таблицями для ступеня свободи $f_1 = N - l = 8 - 4 = 4$ та $f_2 = N(m - 1) = 8(3 - 1) = 16$ та для рівня значущості $\alpha = 5\%$; де $l = 4$ — кількість коефіцієнтів у рівнянні регресії.

Розрахункове значення критерію F порівнювали з критичним:

$$F_p = 1,61 < F_T = 2,5911.$$

Можна стверджувати, що отримане рівняння регресії є адекватним дослідженому процесові, що також підтверджується порівнянням дисперсій.

На підставі численних необхідних розрахунків (їх у статті не наведено) створено математичну модель прогнозування зміни вмісту аскорбінової кислоти у будь-яких видах плодово-ягідної сировини, обробленої комбінованим кріопротектором (глюкоза + лимонна кислота) перед заморожуванням, яка має вигляд:

$$\hat{y} = 3,094 \cdot C_1 + 74,547 \cdot C_2 + 0,551 \cdot t - 3,659 \cdot C_1 \cdot C_2 + 0,007 \cdot C_1 \cdot t - 1,568 \cdot C_2 \cdot t + 0,105 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot t + 79,74.$$

Загальна похибка експерименту: $\Delta = 2,876\%$.

Для конкретного виду сировини (ягід чорної смородини) максимальна збереженість аскорбінової кислоти досягається при використанні комбінованого кріопротектора, концентрація складових якого становить 1% для розчину лимонної кислоти і 15% для розчину глюкози при тривалості оброблення ягід перед заморожуванням 35 хв.

На рис. 2—4 зображено поверхні відгуку математичних моделей зміни вмісту аскорбінової кислоти від різних факторів.

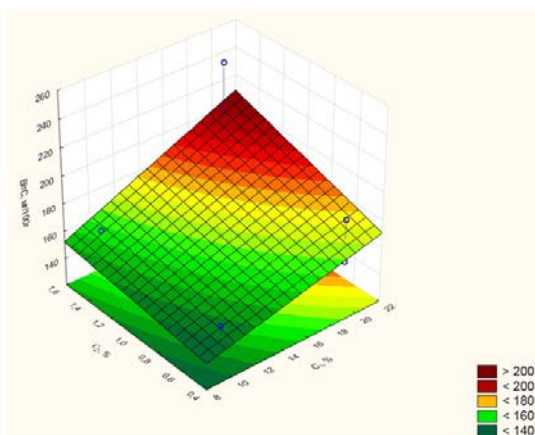


Рис. 2. Поверхня відгуку математичної моделі залежності вмісту вітаміну С від C_1 і C_2 при $t = \text{const} = 35$ хв

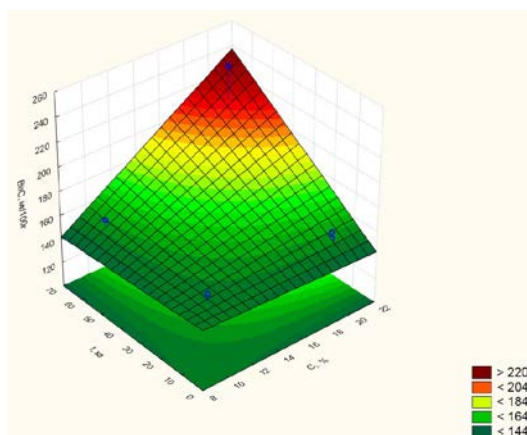


Рис. 3. Поверхня відгуку математичної моделі залежності вмісту вітаміну С від C_1 і t при $C_2 = \text{const} = 1,0\%$

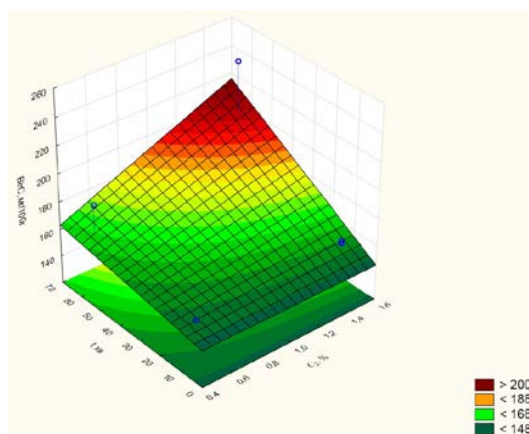


Рис. 4. Поверхня відгуку математичної моделі залежності вмісту вітаміну С від C_2 і t при $C_1 = \text{const} = 15\%$

Висновки

Математична модель прогнозування перебігу певних технологічних процесів відіграє важливу роль у проведенні наукових досліджень, оскільки допомагає визначити оптимальні параметри експерименту за мінімальний час і заощадити витратні ресурси.

За результатами експериментальних і теоретичних досліджень розроблено за спланованою матрицею експерименту математичну модель залежності вмісту вітаміну С у заморожених ягодах, попередньо оброблених комбінованим кріопротектором (сумішшю глюкози та лимонної кислоти в різних концентраціях) та за різної тривалості оброблення у вигляді регресійної залежності; побудовано поверхні відгуку цієї моделі — вміст вітаміну С в ягодах чорної смородини в площинах досліджених параметрів впливу, які дають змогу наочно проілюструвати залежність від них цільової функції.

Реалізація теоретичних знань особливостей математичного моделювання показала позитивний ефект кріопротекції в технологіях заморожування, критерієм оцінки якого є мінімізація втрат аскорбінової кислоти при заморожуванні, зберіганні та дефростації ягід.

Застосування методів математичного моделювання у проведенні інноваційних досліджень, спрямованих на подолання недоліків традиційних технологій заморожування, є перспективним напрямом удосконалення методів консервування рослинної сировини з використанням штучного холоду.

Література

1. Frozen fruit market in the EU: Germany remains the largest importer. URL: <https://www.freshplaza.com/article/9020192/frozen-fruit-market-in-the-eu-germany-remains-the-largest-importer>. Дата звернення: 5.02.2019.
2. Світовий попит на заморожені продукти продовжує зростати. URL: <http://www.lol.org.ua/rus/showart.php?id=114914>. Дата звернення: 12.12.2018.
3. Goyal R. K., Verma L. R. and Joshi V.K. Nutritive value of fruits, vegetables, and their products in postharvest technology of fruits and vegetables. Indus Publishing, New Delhi, 2000. P. 337—389.
4. Rickman J. C., Barrett D. M., and Bruhn C. M. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part I. Vitamins C and B and phenolic compounds. Journal of Sci Food Agric. 87. 2007. P. 930—944.
5. Frozen Foods Handling. URL: <http://www.cold.org.gr/library/downloads/Docs/Frozen-FoodsHandling.pdf>. Дата звернення: 18.05.2019.
6. Silva C. L. M., Gonçalves E. M. and Brandão T. R. S. Freezing of Fruits and Vegetables. In: J. A. Evans (eds) Frozen Food Science and Technology. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. 2008. P. 165—183.
7. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Низькі температури в технологіях охоронюваних продуктів: монографія. Київ: Сталь, 2011. 363 с.
8. Белоус А. М., Грищенко В. И. Кробиология: монографія. Киев: Наукова думка, 1994. 431 с.
9. Ляшок А. В. Планування багатофакторного експерименту при дослідженні процесу ультразвукового розпилення в тонкому шарі. Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Сер. Машинобудування. 2013. № 3. С. 13—17.
10. Марценюк О. С., Мисюра Т. Г., Попова Н. В. Особливості моделювання складних технологічних систем у харчових технологіях. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2018. Том 24, № 3. С. 122—131.
11. Семенова І. Ю. Математичні моделі МСС: навчальний посібник. Київ: Київський нац. ун-т ім. Т. Г. Шевченка, 2014. 82 с.
12. Худолей Г. М. Математичне моделювання та застосування ЕОМ у хімічній технології: конспект лекцій. Суми: Сумський державний університет, 2013. 183 с.
13. Хом'юк В. В. Структурна модель формування математичної компетентності майбутніх інженерів. Науковий вісник Кременецької обласної гуманітарно-педагогічної академії ім. Тараса Шевченка. Серія: Педагогіка. Кременець: ВЦКОГПА ім. Тараса Шевченка, 2015. Вип. 5. С. 160—168.
14. Сімахіна Г. О., Халапсіна С. В. Особливості заморожування ягід з ніжною текстурою. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2015. Т. 21, № 4. С. 198—205.
15. Бодров В. С., Зав'ялов В. Л., Мисюра Т. Г. Математико-статистичні методи досліджень: Курс лекцій. Київ: НУХТ, 2007. 106 с.
16. Остапчук М. В., Станкевич Г. М. Математичне моделювання на ЕОМ: підручник. Одеса: Друк, 2006. 313 с.
17. Дерканосова Н. М., Журавлев А. А., Сорокіна І. А. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. Воронеж: Издательство ВГТА, 2011. 195 с.

УДК 664.66(045)

IMPLEMENTATION OF THE HACCP SYSTEM IN THE PRODUCTION OF BAKERY PRODUCTS

O. Pahomska

Vinnitsia Institute of Trade and Economics KNTEU

Key words:

Bakery products

Research

Quality

Security

Guarantee

Technological process

Article history:

Received 12.07.2019

Received in revised form
26.07.2019

Accepted 20.08.2019

Corresponding author:

O. Pahomska

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The introduction of HACCP, control systems and control-critical points of quality of bakery products is investigated in the paper. It has been determined that domestic bakery industry is characterized by reduction of production volumes and rising prices for bread products, decrease in the number of enterprises, decrease in profitability level. It has been noted that the key direction of development of activity of enterprises that sell their products is its compliance with international standards of quality and safety. Modern state regulation of bread and bakery products is aimed at identifying and preventing the emergence of potentially dangerous factors in the production process. It was investigated that at this stage in the competitive medium bakery industry is increasingly forced to pay attention to quality problems. Consumers are demanding, predicted and expect high quality bakery products at low prices. Ukrainians need to confirm the assurance that the quality is respected. The guarantee is a certificate confirming the existence of the HACCP system introduced at the bakery enterprise. It has been determined that the HACCP system allows identifying specific types of hazardous factors and establishes measures for their control in order to guarantee the safety of food products. It is used to ensure the safety of food products throughout the entire chain of production and sale of food products. It was investigated that the HACCP system is a management tool that provides a more structured and scientific approach to the control of identified hazardous factors than the approach through traditional inspection and procedures for quality control of bakery products, that is, testing of the presence of deviations in the design and manufacture of a particular product, that is, preventing deviations. It was analyzed that the implementation of HACCP principles in the domestic baking industry is an effective tool for ensuring high food hygiene and, as a result, creating favorable conditions for the release of Ukrainian food products to markets in other countries.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-4-24

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ НАССР У ВИРОБНИЦТВІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

О. В. Пахомська

Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

У статті досліджено впровадження НАССР, систем управління та контроль-но-критичних точок якості хлібобулочних виробів. Визначено, що вітчизняна хлібопекарська промисловість характеризується скороченням обсягів виробництва та підвищенням цін на хлібну продукцію, зменшенням кількості підприємств-виробників, падінням рівня прибутковості. Зазначено, що ключовим напрямком розвитку діяльності підприємств, які реалізують свою продукцію, є її відповідність міжнародним нормам якості та безпеки. Сучасне державне регулювання виробників хліба та хлібобулочних виробів направлене на виявлення та запобігання виникненню потенційно небезпечних чинників виробничого процесу. Досліджено, що нині в конкурентному середовищі хлібопекарська промисловість змушена все частіше звертати увагу на проблеми якості. Споживачі продукції стають вимогливими, прогнозованими та очікують високого рівня якості хлібобулочних виробів за низькими цінами. Українці потребують підтвердження гарантії того, що якість дотримана. Гарантією стає сертифікат, що підтверджує існування на хлібопекарському підприємстві впровадженої системи НАССР. Визначено, що система НАССР забезпечує ідентифікацію конкретних видів небезпечних чинників і вжиття заходів щодо їхнього контролювання для гарантування безпеки харчових продуктів. Вона використовується для забезпечення безпеки харчових продуктів протягом усього ланцюга виробництва і реалізації харчового продукту. Досліджено, що система НАССР — це інструмент управління, який забезпечує більш структурований і науковий підхід до контролю ідентифікованих небезпечних чинників, ніж підхід через традиційну інспекцію і процедури контролю якості хлібобулочних виробів, тобто тестування наявності відхилень у сферу розроблення та виготовлення конкретного продукту, зокрема запобігання відхиленням. Проаналізовано, що впровадження принципів НАССР у вітчизняну хлібопекарську промисловість є ефективним інструментом забезпечення високої гігієни харчових продуктів і, як наслідок, створення сприятливих умов для виходу українських харчових продуктів на ринки інших країн.

Ключові слова: хлібобулочні вироби, дослідження, якість, безпека, гарантія, технологічний процес.

Постановка проблеми. Одним із сучасних напрямків державної продовольчої політики України є якість харчових продуктів. Українці мають право на безпеку і придатність для споживання харчових продуктів. Захворювання, спричинені харчовими продуктами, та ушкодження від продуктів харчування в кращому випадку неприємні, у гіршому — можуть бути смертельними.

За останні роки в Україні відбулися значні зміни в традиційному харчуванні, що викликало появу нових технологій виробництва, приготування і роз-

поділу харчових продуктів. Тому ефективний гігієнічний контроль життєво необхідний для запобігання несприятливим наслідкам захворювань та ушкоджень, спричинених харчовими продуктами та їх зіпсованістю, для економіки і здоров'я людей.

На сьогодні перед підприємствами хлібопекарської промисловості стоять нові завдання, зокрема і освоєння нових ринків збуту своєї продукції. Потенційні зарубіжні партнери все частіше пред'являють українським виробникам харчових продуктів вимоги щодо існування на підприємстві системи управління безпечністю харчових продуктів на основі принципів НАССР.

Особливо актуальним та пріоритетним є питання якості хліба та хлібобулочних виробів — продуктів харчування, які займають значну питому частку в раціоні населення держави.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням питання якості та безпечності харчової продукції на основі впровадження системи НАССР на підприємствах займалися такі зарубіжні та вітчизняні вчені: В. Андрійчук, Я. Жаліло, Й. Завадський, Л. Євчук, Д. Крисанов, П. Саблук, О. Піддубний, М. Портер, Б. Райзберг, В. Стівенсон, Р. Фатхутдінов та ін. Проте, незважаючи на значні напрацювання з цієї теми, окремі її аспекти потребують подальшого вивчення та обумовлюють доцільність проведення наукових пошуків з питань харчової безпеки.

Мета статті: розробити методичні основи впровадження системи НАССР як системи управління якістю на хлібопекарських підприємствах України.

Викладення основних результатів дослідження. Незважаючи на особливе значення хліба для українського суспільства, його виробництво, відповідно до офіційної статистики України, щорічно скорочується. Зменшення споживання хліба та хлібобулочних виробів стало основною причиною падіння обсягів виробництва. Це пов'язано зі скороченням споживання виробів, зміною смаків, зношеністю технічного стану та виробничих ліній на 60—70%, демографічною ситуацією в країні (втрата ринків збуту АР Крим та окремі райони Донецької та Луганської області, зниження чисельності населення України), збільшенням обсягів випікання хліба невеликими пекарнями, супер- та гіпермаркетами, випіканням хліба населенням самостійно (у багатьох регіонах України, зокрема на Західній Україні громадяни віддають перевагу домашній випічці або продукції, виробленій невеликими приватними підприємствами), збільшенням тіньової частки ринку хлібу та хлібобулочних виробів до 60% та розвитку сегмента заморожених хлібних напівфабрикатів.

Основними проблемами розвитку ринку хлібобулочних виробів в Україні на сучасному етапі є монополізація ринку окремими товаровиробниками у більшості регіонів країни; зниження обсягів промислового виробництва хлібобулочних виробів і зростання питомої ваги виробів домашньої випічки у структурі середньодушового споживання; скорочення асортименту та зниження якості хлібобулочних виробів; ускладнення їх доставки у віддалені від обласних або районних центрів села та селища через відсутність транспортної і збутової інфраструктури; низька ефективність функціонування підприємств хлібопекарської галузі. Відтак важливим завданням подальшого розвитку

ринку хлібобулочних виробів є найповніше задоволення потреб споживачів в якійсній продукції.

Якість є невід'ємною частиною продукту і займає особливе місце в харчовому ланцюзі «від поля до столу» у системі НАССР.

На сьогодні в конкурентному середовищі хлібопекарська промисловість змушена все частіше звертати увагу на проблеми якості. Споживачі продукції стають вимогливими, прогнозованими та очікують високого рівня якості хлібобулочних виробів за низькими цінами. Українці потребують підтвердження гарантії того, що якість дотримана. Гарантією стає сертифікат, що підтверджує існування на хлібопекарському підприємстві впровадженої системи НАССР. Сумісне впровадження і сертифікація системи НАССР і системи управління якістю, що відповідає вимогам ДСТУ ISO 9001-2001, забезпечує високу ефективність управління процесами на хлібопекарському підприємстві, повноту виконання вимог НАССР, економію фінансових ресурсів і часу.

Аналіз літературних джерел свідчить, що безпека харчових продуктів — це відсутність токсичної, канцерогенної, мутагенної, алергенної та іншої несприятливої для організму людини дії харчових продуктів під час їх споживання в загальноприйнятих кількостях, межі яких установлюються Міністерством охорони здоров'я України [1].

На кожному етапі технологічного процесу виробництва хлібобулочних виробів є потенційно можливі небезпечні чинники біологічної, хімічної та фізичної природи. Технологічна схема виробництва хліба складається з трьох етапів: підготовка сировини (приймання основної сировини та допоміжних інгредієнтів, зберігання основної сировини та допоміжних інгредієнтів, відпуск та просіювання сировини), приготування тіста (приготування опари, замішування тіста, дозрівання тіста, розділення, округлення та попереднє вистоювання тістових заготовок) та виробництво хліба (формування та остаточного вистоювання тістових заготовок, посадка тістових заготовок до печі, випікання, охолодження, пакування, укладання в пересувні контейнери, зберігання та реалізація хліба).

Визначено, що в процесі підготовки сировини до виробництва можуть виникнути небезпеки зумовлені біологічними та фізичними факторами: зараження сировини мікроорганізмами та потрапляння сторонніх домішок. Небезпеки виникають у результаті порушення режимів приймання, зберігання, просіювання сировини, а також із навколишнього середовища через недбалість персоналу.

Потенційними небезпеками під час приготування тіста є біологічні, фізичні та хімічні фактори. Біологічні фактори виникають на всіх етапах приготування тіста і представлені мікроорганізмами, які заражають тісто та виникають у результаті порушення температурного чи часового режиму.

Потенційними небезпеками під час виробництва хліба в результаті дії фізичних, біологічних та хімічних факторів є: порушення температурного чи часового режиму, режиму попереднього відстоювання, підвищення вологості при зберіганні хлібобулочних виробів.

З метою підвищення конкурентоспроможності хліба та хлібобулочних виробів і зменшення їх цін на хлібопекарських підприємствах необхідно

впровадження принципів системи НАССР, що закріплено на законодавчому рівні Законом України № 2042-VIII «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин» [2].

Аналіз літературних джерел свідчать, що у сучасних ринкових умовах стабільна й успішна робота хлібопекарської галузі визначається сукупністю чинників, одним із яких є здатність задовольняти потреби споживачів якісною та безпечною продукцією. Найбільш прийнятною формою системи управління якістю і забезпечення безпечної хлібопекарської продукції для підприємств харчової, зокрема хлібопекарської галузі, є система, заснована на принципах НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points).

Система НАССР дає змогу ідентифікувати конкретні види небезпечних чинників і встановити заходи щодо їхнього контролювання для гарантування безпечності харчових продуктів. Вона використовується для забезпечення безпечності харчових продуктів протягом усього ланцюга виробництва і реалізації харчового продукту. Це інструмент управління, який забезпечує більш структурований та науковий підхід до контролю ідентифікованих небезпечних чинників, ніж підхід через традиційну інспекцію і процедури контролю якості хлібобулочних виробів.

Система НАССР використовує визначення критичних точок у технологічному ланцюзі виготовлення хлібобулочних виробів для запобігання проблемам якості і безпеки. У ній ідентифікуються конкретні мікробіологічні, хімічні, фізичні ризики, встановлюються заходи контролю для гарантії безпечності. Система НАССР надає впевненості у тому, що на хлібопекарському підприємстві управління безпечністю харчових продуктів проводиться ефективно. НАССР планує зменшення потенційних ризиків для здоров'я споживачів, запобігаючи, ідентифікуючи, коригуючи проблеми на всьому технологічному процесі — від первинного виробництва до кінцевого процесу. Поряд з підвищенням безпечності харчових продуктів існують і інші вигоди від застосування системи.

Система НАССР підсилює відповідальність і ступінь контролю. Впроваджена система управління призводить до кращого розуміння та гарантування всіма учасниками харчового сектору безпечності хліба та хлібобулочних виробів, даючи нову мотивацію в їхній роботі.

Система НАССР базується на трьох принципах [3]:

1. Аналіз небезпечних чинників (небезпек). Сама назва НАССР передбачає, що аналіз небезпечних чинників є одним із найважливіших завдань. Неправильно проведений аналіз небезпечних чинників при виготовленні хлібобулочних виробів призведе до розроблення неадекватного плану НАССР. Аналіз небезпечних чинників вимагає володіння ґрунтовними технічними та науковими знаннями в різних сферах для належної ідентифікації всіх потенційних небезпечних чинників. Процес проведення аналізу небезпечних чинників (небезпек) включає дві стадії: ідентифікацію небезпечних чинників та аналіз небезпечних чинників.

2. Визначення критичних точок контролю. Настанова Комісії *Кодекс Аліментаріус* визначає критичну точку контролю (КТК) як «етап, на якому

контроль можливий і суттєвий для запобігання чи усунення небезпечних чинників для харчових продуктів, або їхнього зменшення до прийняттого рівня» [4]. Точкою контролю може бути сировина, місце розташування хлібопекарського підприємства та його приміщень, виробнича практика, процедури (методики), склад продукту або технологічний процес виробництва, де можуть застосовуватися заходи щодо запобігання або мінімізації впливу небезпечних чинників на безпечність хлібобулочних виробів. Слід зауважити, що застосовуваний тут термін «контроль» означає «знаходиться під контролем», і його не слід плутати з випробуванням, перевіркою або аудитом. Хоча застосування належної виробничої практики (GMP/GHP) повинне гарантувати, що під час виготовлення безпечних харчових продуктів під контролем знаходиться багато точок, деякі важливі аспекти GMP/GHP повинні бути проаналізовані з метою визначення, чи становлять вони КТК. Коли в певній точці технологічного процесу виготовлення хлібобулочних виробів або на етапі його підготовки існує висока ймовірність появи потенційно небезпечних чинників, потрібні специфічні методи контролю.

Якщо будь-який небезпечний чинник було ідентифіковано на етапі, де для досягнення безпечності контроль є необхідним, і якщо жодного контрольного заходу не існує на цьому чи будь-якому іншому етапі, тоді продукт або процес повинні бути модифіковані на цьому, попередньому або наступному етапах для введення контрольного заходу. Небезпечними чинниками можна управляти (контролювати) багатьма способами. Мікроорганізми можуть знищуватися нагріванням, а їхнє розмноження може обмежуватися низькими чи високими температурами, низькою вологістю, консервантами тощо. Ретельне відокремлення сировини або необроблених продуктів від оброблених буде усувати або обмежувати перехресне забруднення. Візуальний огляд, просіювання, застосування металевих детекторів тощо можуть бути ефективними для контролювання фізичних небезпечних чинників.

Визначення критичних точок контролю (КТК) може спростити застосування «дерева прийняття рішень» або «дерева рішень». Прикладом такого «дерева рішень» є дерево у документі Комісії *Кодекс Аліментаріус* «Система аналізу небезпечних чинників і критичні точки контролю (НАССР) і настанови щодо її застосування», яке передбачає підхід на основі логічного умовиводу. Застосування «дерева рішень» повинне бути гнучким і потребує ясного розуму та врахування типів операцій (наприклад, виробництво, оброблення, зберігання, розподілення тощо). Незважаючи на корисність цього дерева для пояснення логіки та досягнення глибини розуміння, потрібної для визначення КТК, воно може не підходити для всіх операцій з харчовими продуктами, а тому користуватися ним слід з урахуванням професійних думок, іноді його слід видозмінювати. Можуть використовуватися й інші підходи для визначення КТК, що базуються на аналізі ризику.

Повідомлення про ризик — третій і кінцевий елемент процесу аналізу ризику. *Кодекс Аліментаріус* стисло визначає поняття повідомлення про ризик: «Інтерактивний процес обміну інформацією та думками стосовно ризику серед фахівців з оцінювання ризику, з управління ризиком та інших

зацікавлених сторін». Інше, більш ширше визначення дає Національна академія наук США: «Інтерактивний процес обміну інформацією та думками серед окремих осіб, груп та установ..., (який) передбачає численні повідомлення про характер ризику та інші повідомлення, безпосередньо не пов'язані з ризиком, які виказують стурбованість, думки чи реагування на повідомлення про ризик або на законодавчі та інституційні положення щодо управління ризиком»[5].

Повідомлення результатів оцінювання ризику та управління ризиком використовують для багатьох цілей. Якість і безпечність хлібобулочних виробів залежить від відповідального ставлення всіх залучених на всіх стадіях у харчовому ланцюзі, включаючи споживачів. Споживачі вимагають доступу до адекватної інформації про потенційні небезпеки та відповідні застережні заходи, які мають вживатися під час остаточного приготування та споживання хлібобулочних виробів. Крім того, споживачі вимагають ознайомлення та розуміння заходів контролю за безпечністю хлібобулочних виробів, які впроваджує уряд в інтересах охорони здоров'я споживачів.

Повідомлення забезпечує населення результатами експертної наукової експертизи ідентифікації харчових небезпек та оцінювання ризиків для всіх верств населення або для конкретних цільових груп (наприклад, немовлята чи люди похилого віку). Певна категорія людей, наприклад, що страждають на імунологічну недостатність, алергію чи трофічну недостатність, вимагають спеціальної інформації. Повідомлення забезпечує приватний і державний сектори інформацією, необхідною для запобігання, зниження чи мінімізації харчових ризиків до прийнятних безпечних рівнів завдяки системам управління якістю та безпечністю хлібобулочних виробів, застосовуваним або в обов'язковому або добровільному порядку. Воно також забезпечує достатню інформацію, щоб надати можливість верствам населення, підданих найвищому ризику від будь-якого конкретної небезпеки, реалізувати їхні власні варіанти для досягнення навіть вищих рівнів захисту.

Користь від впровадження системи НАССР для виробників хлібопекарської галузі: виробництво більш безпечної продукції, що знижує діловий ризик, і підвищує задоволеність споживача; поліпшена репутація і захист торговельної марки; узгодженість із законодавством; персонал має чіткіше уявлення щодо вимог до безпечності хліба та хлібобулочних виробів і методів їх виконання; демонструє зобов'язання підприємства щодо безпечності продукції; краща організація персоналу та використання робочого часу; ефективність витрат, зменшення збитків у перспективі (спочатку збитки можуть збільшитися через застосування коригувальних дій, які вимагають видалення продукції внаслідок невиконання належного контролю в КТК); менша ймовірність одержати скарги від споживачів та їхня довіра; можливість збільшити доступ на ринки збуту.

Переваги від впровадження системи НАССР для держави: полегшення інспекцій та ефективніший контроль хлібопекарської галузі; поліпшення охорони здоров'я та зменшення витрат на охорону здоров'я; полегшення міжнародної торгівлі.

Впровадження HACCP передбачає переобладнання процедур забезпечення якості або належної виробничої практики, вже встановлених на хлібопекарському підприємстві, проте воно вимагає перегляду цих процедур як частини системного підходу та їхнього належного інтегрування.

Навчання працівників хлібопекарської промисловості, державних органів і наукових установ принципам та застосуванню системи HACCP, розширення ознайомлення з цією системою споживачів є найважливішими аспектами ефективного впровадження HACCP. Як допомога в організації спеціального навчання, що сприяє виконанню плану HACCP, мають бути розроблені робочі інструкції і методики, які встановлюють завдання для виробничого персоналу. Ці документи повинні бути в кожній критичній точці контролю [6].

Співробітництву між виробниками сировини, представниками промисловості, торговельними групами, організаціями споживачів і відповідальними органами влади повинно надаватися першочергове значення. Слід створювати можливості для спільного навчання представників хлібопекарської промисловості та інспекційних органів, що буде сприяти налагодженню постійного діалогу між ними і створенню атмосфери взаєморозуміння в процесі практичного застосування HACCP.

Працівники підприємств хлібопекарської промисловості повинні мати більш високий рівень професійної підготовки з питань якості, тому що їм доведеться брати участь у всьому комплексі робіт з оцінювання потреб споживачів, дослідження кон'юнктури ринку, стратегічного планування компанії, розроблення нової продукції, контролю якості проєктів, оцінювання ступеня підготовки виробництва й осмислення інших завдань, які вирішуються функціональними службами підприємства. У виробництві повинні використовуватись інноваційні технології, більш складне устаткування, контрольно-вимірвальні засоби. Таким чином збільшиться значення статистичних методів контролю, зросте обсяг робіт з автоматизованого проєктування нової продукції.

Висновки

У статті висвітлено впровадження системи HACCP у хлібопекарську промисловість України. Саме HACCP — аналіз небезпечних чинників і критичні контрольні точки — являє собою систему оцінювання і контролю небезпечних чинників хлібопекарської сировини, технологічних процесів і готової хлібопекарської продукції, яка забезпечує високу якість і безпечність харчових продуктів. Це актуальна модель управління якістю та безпечністю харчових продуктів. При застосуванні принципів HACCP значною мірою знижуються рівні ризиків виникнення небезпек для життя і здоров'я споживачів хлібної продукції.

Перспектива подальших досліджень передбачає вивчення стану впровадження принципів HACCP у вітчизняну хлібопекарську промисловість у контексті сучасних тенденцій, забезпечення високої гігієни хліба та хлібобулочних виробів і, як наслідок, створення сприятливих умов для виходу українських харчових продуктів на ринки інших країн.

Література

1. Траченко Л. А. Блок-схема управління якістю на підприємствах харчової промисловості. *Науковий журнал «Вісник»*. Тернопіль: «Економічна думка» ТНЕУ, 2007. № 1. С. 79—86.
2. Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19> (дата звернення: 15.04.2019).
3. Система аналізу ризиків і критичних контрольних точок ХАССП URL: http://www.milkiland.nl/upload/pdf/laws/ua/Instruktsiya_HACCP.pdf (дата звернення: 20.04.2019).
4. Комісія Кодекс Аліментаріус. Принципи і керівні вказівки по проведенню оцінки мікробіологічного ризику. САС/GL, 1999.
5. Крутяк Н. Р. Система НАССР. Довідник. Ред. В.С.Тимошенко. Львів, 2003. С 218.
6. Белов Ю. П. Розробка та впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів НАССР. *Світ якості України*. Київ, 2005. № 2. С. 42—45.

FEATURES OF COMPLEX FORMATION AND EXTRACTION OF BISMUTH IN Bi^{3+} -18-CROWN-6- CCl_3COOH SYSTEM

O. Kronikovskii, D. Terechuk, V. Fomenko, O. Kronikovska

*National University of Food Technologies***Key words:***Crownethers**Bismuth**Extraction**Metals**Complexation***Article history:**

Received 10.07.2019

Received in revised form

19.07.2019

Accepted 20.08.2019

Corresponding author:

O. Kronikovskii

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper shows mechanism, conditions and factors influencing the complex formation of Vi^{3+} from 18-crown-6 and trichloroacetate-ion.

The radius of ion Bi^{3+} (0.120 nm) is only slightly different from the radii of Ti^+ (0.136 nm) and Pb^{2+} (0.126 nm), which are most effectively extracted in the presence of 18C6. The ability to polarize Bi^{3+} ion is also quite high and is close to the polarization of Pb^{2+} . However, we failed to find in the literature data on the extraction of Bismuth complexes with crown-players. The reason for this is probably the hydrolysis of Vi^{3+} in the pH range of 3–5, optimal for the extraction of complexes of metals with organic anions. We were not able to achieve the quantitative extraction of Bi^{3+} in the form and complex of 18C6 from nitrate solutions in the absence of trichloroacetate ions. At the same time, in the presence of 18-crown-6 and CCl_3COOH at pH = 1 Bismuth can be quantitatively transferred to the organic phase. In connection with the lack of data on bismuth trichloroacetate complexes in the literature, we determined the estimated values of the concentration stability constant of the complexes $\text{BiCCl}_3\text{COO}^{2+}$ ($\beta_1 = 13 \pm 3$) and $\text{Bi}(\text{CCl}_3\text{COO})_2^+$ ($\beta_2 = 8 \pm 3$) in the water by the metalindicatory method.

Based on these methods equilibrium shift, we also calculated as a constant concentration and extraction (K_{ex}) complex $\text{Bi} \cdot 18\text{C}6 \cdot (\text{CCl}_3\text{COO})_3$ chloroform. When calculating K_{ex} disregarded complexation with K_{ex} — in the aqueous phase and Association 18-crown-6 with CCl_3COOH in the organic phase as an experiment carried out at the pH of the aqueous phase equal to $1: \lg K_{\text{ex}} = 5.0 \pm 0.1$. Considering the influence of the ionic strength of the solution on the activity of the ions of Bi^{3+} and trichloroacetate-ions were mentioned first thermodynamic constant extraction complex: $\lg K_{\text{ex}}(\text{term}) = 6.8$.

Due to the rather high value of the K_{ex} complex $\text{Bi} \cdot 18\text{C}6 \cdot (\text{CCl}_3\text{COO})_3$ and its quantitative extraction in the pH range of 1–3 from the aqueous solution of chloroform, which allows selectively to separate Bi^{3+} from a number of metal cations that interfere with it, we proposed an atomic absorption determination on the method of extraction-atomic absorption determination of bismuth in various objects.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-4-26

**ОСОБЛИВОСТІ КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ ТА
ЕКСТРАКЦІЇ БІСМУТУ В СИСТЕМІ Bi^{3+} -18-КРАУН-6-
 CCl_3COOH**

О. І. Кроніковський, Д. О. Терещук, В. В. Фоменко, О. П. Кроніковська
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено механізм, умови та фактори, що впливають на комплексоутворення Bi^{3+} з 18-краун-6 і трихлорацетат-йоном. Радіус йона Bi^{3+} (0,120 нм) лише незначною мірою відрізняється від радіусів йонів Pb^{2+} (0,136 нм) і Pb^{2+} (0,126 нм), які найефективніше екстрагуються за наявності 18С6. Здатність до поляризації йона Bi^{3+} також досить висока і близька до поляризації Pb^{2+} . Однак в літературі не вдалося відшукати даних про екстракцію комплексів Бісмуту з краун-етерами. Причиною цього є, ймовірно, гідроліз Bi^{3+} в області рН 3—5, оптимальної для екстракції комплексів металів з органічними аніонами. Ми не змогли досягти кількісної екстракції Bi^{3+} у вигляді комплексу з 18С6 з нітратних розчинів за відсутності трихлорацетат-йонів. Водночас за наявності 18-краун-6 і CCl_3COOH при рН = 1 Бісмут може бути кількісно переведений в органічну фазу. Через відсутність у літературі даних про трихлорацетатні комплекси Бісмуту, оціночні значення концентраційних константи стійкості комплексів $\text{BiCCl}_3\text{COO}^{2+}$ ($\beta_1 = 13 \pm 3$) та $\text{Bi}(\text{CCl}_3\text{COO})_2^+$ ($\beta_2 = 8 \pm 3$) у воді визначали металіндикаторним методом.

На основі даних методу зміщення рівноваги також розрахована концентраційна константа екстракції ($K_{\text{екс}}$) комплексу $\text{Bi} \cdot 18\text{C}6 \cdot (\text{CCl}_3\text{COO})_3$ хлороформом. При розрахунку $K_{\text{екс}}$ брали до уваги комплексоутворення Бісмуту з CCl_3COO у водній фазі та асоціацію 18-краун-6 з CCl_3COOH в органічній фазі, оскільки експеримент проводили при рН водної фази рівному 1: $\lg K_{\text{екс}} = 5,0 \pm 0,1$. З урахуванням впливу йонної сили розчину на активність йонів Bi^{3+} та трихлорацетат-йонів отримали значення термодинамічної константи екстракції комплексу: $\lg K_{\text{екс}}(\text{терм}) = 6,8$.

Завдяки досить високому значенню $K_{\text{екс}}$ комплексу $\text{Bi} \cdot 18\text{C}6 \cdot (\text{CCl}_3\text{COO})_3$ та його кількісному вилученню в області рН 1—3 з водного розчину хлороформом, що дає змогу селективно відділити Bi^{3+} від ряду катіонів металів, які заважають його атомно-абсорбційному визначенню, запропонована методика екстракційно-атомно-абсорбційного визначення Бісмуту в різних об'єктах.

Ключові слова: краун-етери, Бісмут, екстракція, метали, комплексоутворення.

Постановка проблеми. Селективні реагенти на Бісмут невідомі, тому для досягнення вибіркового аналізу в деяких випадках вплив заважаючих йонів усувають маскуванням. Для відділення Бісмуту використовують осадження з NH_3 , екстракцію галогенідних комплексів, йонний обмін тощо. Процеси осадження і перетворення екстрактів займають багато часу, не завжди дають змогу повністю усунути вплив сторонніх йонів, що значною мірою усклад-

нює фотометричне визначення Бісмуту. Більш ефективно визначати Бісмут методом атомно-абсорбційної фотометрії, але й такому визначенню заважає наявність у розчині ряду дво- і тривалентних катіонів металів. З огляду на це дослідження комплексоутворення в системі Bi^{3+} - 18-краун-6 - CCl_3COOH з метою встановлення можливості використання її для селективного екстракційного вилучення та подальшого атомно-абсорбційного визначення Бісмуту є актуальним.

Мета статті полягає в дослідженні та аналізі факторів, що впливають на комплексоутворення катіонів Bi^{3+} з 18-краун-6 та трихлорацетат-йонем у воді й органічних розчинниках, встановлення складу та стійкості утворюваних комплексів з метою підбору умов кількісної і разом з тим селективної екстракції цих комплексів для розробки методик вилучення та подальшого визначення Бісмуту в різних об'єктах.

Викладення основних результатів дослідження. За наявності літій трихлорацетату і краун-етерів в органічну фазу в різній мірі можуть переходити різнолігандні комплекси цілого ряду катіонів металів. Так, із одно- та двозарядних катіонів за наявності 18-краун-6 спостерігається екстракція хлороформом трихлорацетатів Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ , Ag^+ , Tl^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} і Pb^{2+} [1]. При цьому ступінь екстракції лишається практично незмінним від нейтральних розчинів аж до 1М нітратної кислоти.

Введення у водну фазу великої кількості літій трихлорацетату призводить до зменшення константи розподілу 18-краун-6 між хлороформом і водою за рівнянням Сеченова $\lg(D/P_0) = k_1 \cdot c$. Значення k_1 рівне $-0,75 \pm 0,05$, значно нижче за отримане раніше для літій нітрату ($-0,12 \pm 0,03$ [2]). Тож літій трихлорацетат висолує 18С6 більш ефективно, ніж нітрат. Необхідно також враховувати, що підвищення кислотності розчину веде до зростання переходу 18С6 в органічну фазу за рахунок утворення асоціату з трихлорацетатною кислотою [3]. Сама CCl_3COOH лише несуттєво переходить у хлороформ: її розподіл кількісно описується константою розподілу $P_{\text{НТХА}} = 0,065$ та константою димеризації в хлороформі $K_{\text{дим}} = 26$. Введення в систему 18С6 призводить до збільшення концентрації CCl_3COOH в хлороформі. Із даних про розподіл визначена константа асоціації 18С6 і CCl_3COOH в хлороформі:

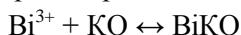
$$K_{\text{ас}} = [\text{CCl}_3\text{COOH} \cdot 18\text{C6}]_o / [\text{CCl}_3\text{COOH}]_o \cdot [18\text{C6}]_o = 8,6 \cdot 10^2 [3].$$

При $\text{pH} > 3$ утворенням асоціату можна знехтувати. Тому для отримання констант екстракції комплексів катіонів металів з 18С6 і CCl_3COOH експеримент проводили при $\text{pH} > 3$ з урахуванням зміни константи розподілу краун-етера.

Склад екстрагованих комплексів визначали за методом зміщення рівноваги. Для всіх катіонів металів, крім Цезію, екстрагуються сполуки, що містять у своєму складі одну молекулу 18С6. Цезій же координує дві молекули краун-етеру. Це, ймовірно, можна пояснити тим, що йон цезію занадто великий, щоб міг ввійти в порожнину кільця 18-краун-6 і зайняти положення в площині етерних атомів Оксигену. Тому для нього характерне утворення комплексів з співвідношенням $M : R = 1 : 2$ [4]. При комплексоутворенні та екстракції одно- та двозарядних катіонів металів у реакцію вступають відпо-

відно один та два йони CCl_3COO^- . Таким чином, для систем метал–18С6– CCl_3COO^- в досліджуваних нами умовах в органічну фазу переходять сполуки складу 1:1:1 — у випадку однозарядних катіонів (для Цезію 1:2:1) та 1:1:2 — у випадку двозарядних катіонів [5].

Дещо інакше відбувається екстракція Бісмуту. Радіус йона Bi^{3+} (0,120 нм) лише незначною мірою відрізняється від радіусів йонів Tl^+ (0,136 нм) і Pb^{2+} (0,126 нм), які найефективніше екстрагуються за наявності 18С6. Здатність до поляризації йона Bi^{3+} також досить висока і близька до поляризації Pb^{2+} . Однак нам не вдалося відшукати в літературі даних про екстракцію комплексів Бісмуту з краун-етерами, хоча повідомлялося [6] про можливість екстракції аніону BiI_4^- як протийона. Причиною цього є, ймовірно, гідроліз Bi^{3+} , через який в області рН 3—5, оптимальної для екстракції комплексів з органічними аніонами, Бісмут знаходиться у вигляді гідроксиду. Нам не вдалося підібрати умови для екстракції Bi^{3+} із нітратних розчинів за відсутності трихлорацетат-йонів. У той же час за наявності 18-краун-6 і CCl_3COOH Бісмут може бути кількісно переведений в органічну фазу. Білогарифмічні залежності, отримані за методом зміщення рівноваги, для цієї системи характеризуються значеннями $\text{tga} = 1$ як для 18С6, так і для CCl_3COOH (рН = 1). Ми припустили, що таке дещо незвичайне явище (один йон CCl_3COO^- замість трьох) можна пояснити зв'язуванням Bi^{3+} в трихлорацетатний комплекс у водній фазі. У зв'язку з відсутністю в літературі даних про трихлорацетатні комплекси Бісмуту, ми визначили константи стійкості комплексів $\text{BiCCl}_3\text{COO}^{2+}$ та $\text{Bi}(\text{CCl}_3\text{COO})_2^+$ металіндикаторним методом. Як індикаторну нами була вибрана система Bi^{3+} -ксиленоловий оранжевий (КО), що використовується як металіндикаторна при комплексонометричному його визначенні. Бісмут утворює при рН 1,0 комплекс BiKO ($\lambda_{\text{макс}} = 540$ нм), умовну константу стійкості якого нескладно визначити за даними спектрів поглинання комплексу при різних концентраціях реагентів:



$$K_{\text{ум}} = [\text{BiKO}] / [\text{Bi}^{3+}] \cdot [\text{KO}]. \quad (1)$$

Виходячи із закону Бугера-Ламберта-Бера, оптична густина розчину пропорційна концентрації утвореної в розчині забарвленої сполуки. В такому випадку рівноважну концентрацію комплексу BiKO в розчині можна розрахувати:

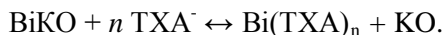
$$[\text{BiKO}] = C_{\text{Bi}} \cdot (A_0 - A_{\text{к}}) / (A_{\text{макс}} - A_{\text{к}}), \quad (2)$$

де $A_{\text{макс}}$ — оптична густина розчину при кількісному зв'язуванні Bi^{3+} в комплекс з КО; A_0 — оптична густина розчину в умовах проведення експерименту; $A_{\text{к}}$ — оптичне поглинання розчину контрольного дослідження, що містить всі компоненти крім Bi^{3+} . Враховуючи, що в умовах проведення експерименту вихідні концентрації Bi^{3+} та КО рівні між собою, їх рівноважні концентрації також рівні між собою і можуть бути розраховані:

$$[\text{Bi}^{3+}] = [\text{KO}] = C_{\text{Bi}} - [\text{BiKO}]. \quad (3)$$

Підставивши значення, отримані за рівняннями (2) і (3) в рівняння (1), розраховуємо величину умовної константи стійкості комплексу BiKO .

При введенні в систему Bi^{3+} -КО трихлорацетатної кислоти частина Бісмуту зв'язується в трихлорацетатний комплекс:



Виходячи з цього, закомплексованість Φ можна записати:

$$\Phi = 1 + \beta_1[\text{TXA}^-] + \beta_2[\text{TXA}^-]^2 + \dots = [\text{BiTXA}^{2+}] + [\text{Bi}(\text{TXA})_2^+] + \dots / [\text{Bi}^{3+}]. \quad (4)$$

Провівши виміри при різних значеннях концентрації CCl_3COOH та побудувавши залежність $(\Phi-1)/[\text{TXA}^-]$ від $[\text{TXA}^-]$, отримуємо пряму, що відсікає на осі ординат відрізок, який відповідає значенню константи стійкості комплексу $\text{BiCCl}_3\text{COO}^{2+}$ (β_1) та має кут нахилу, тангенс якого відповідає значенню β_2 (комплекс $\text{Bi}(\text{CCl}_3\text{COO})_2^+$). Значення рівноважних концентрацій компонентів у розчині, необхідні для побудови даної залежності, можна розрахувати, використавши спектри поглинання комплексу BiKO . Так, рівноважна концентрація BiKO в розчині за наявності в системі CCl_3COOH може бути розрахована:

$$[\text{BiKO}] = C_{\text{Bi}} \cdot (A_i - A_K) / (A_{\text{макс}} - A_K), \quad (5)$$

де A_i — оптичні густини розчинів за різних концентрацій CCl_3COOH . Рівноважна ж концентрація KO в розчині може бути знайдена:

$$[\text{KO}] = C_{\text{KO}} - [\text{BiKO}]. \quad (6)$$

Розрахувавши таким чином рівноважні концентрації BiKO і KO та маючи значення $K_{\text{ум}}$, нескладно визначити як рівноважну концентрацію Bi^{3+} в розчині, так і рівноважні концентрації трихлорацетатних комплексів Бісмуту:

$$[\text{Bi}^{3+}] = [\text{BiKO}] \cdot K_{\text{ум}} / [\text{KO}] \quad (7)$$

$$[\text{Bi}(\text{TXA})_n] = C_{\text{Bi}} - [\text{Bi}^{3+}] - [\text{BiKO}]. \quad (8)$$

Рівноважну концентрацію трихлорацетат-йона, через значний надмір CCl_3COOH стосовно металу, можна прийняти рівною загальній її концентрації з урахуванням дисоціації при значенні рН проведення експерименту.

Знайдені таким чином умовні константи стійкості трихлорацетатних комплексів Бісмуту мають значення: $\beta_1 = 5 \pm 1$; $\beta_2 = 3 \pm 1$. Враховуючи гідроліз Бісмуту при рН 1, отримуємо оціночні значення концентраційних констант: $\beta_1 = 13 \pm 3$; $\beta_2 = 8 \pm 3$. Для одно- та двозарядних катіонів металів константи стійкості трихлорацетатів, ймовірно, ще нижчі. Комплекс Бісмуту з 18С6 у воді нестійкий; металіндикаторним методом з KO вдалося лише оцінити значення константи: $\lg \beta < 1-2$.

Виходячи з сказаного, екстракцію трихлорацетатів металів за наявності 18С6 можна представити таким чином:



де n — відповідає заряду катіона металу. Відповідно, вираз для константи екстракції можна записати так:

$$K_{\text{екс}} = [\text{M} \cdot 18\text{C6} \cdot (\text{CCl}_3\text{COO})_n] / [\text{M}^{n+}]_{\text{в}} \cdot [18\text{C6}]_0 \cdot [\text{CCl}_3\text{COO}^-]_{\text{в}}^n. \quad (9)$$

Виходячи із даних методу зміщення рівноваги, ми розрахували концентраційні константи екстракції $K_{\text{екс}}$ комплексів металів з 18-краун-6 і трихлор-

ацетат-йоніом [7]. Стійкість бінарних комплексів досліджуваних металів з 18С6 у воді незначна, тому утворенням їх в умовах нашого експерименту можна знехтувати. При розрахунку $K_{\text{екс}}$ комплексу $\text{Bi} \cdot 18\text{C}6 \cdot (\text{CCl}_3\text{COO})_3$ брали до уваги комплексоутворення Бісмуту з CCl_3COO^- у водній фазі та асоціацію 18-краун-6 з CCl_3COOH в органічній фазі, оскільки експеримент проводили при рН водної фази рівному 1. Зниження $\text{tg}\alpha$ від 3 до 1 є наслідком зв'язування Bi^{3+} в комплекс $\text{BiCCl}_3\text{COO}^{2+}$ в водній фазі та 18-краун-6 в асоціат з CCl_3COOH в органічній фазі при рН = 1. Так, $\lg K_{\text{екс}}$ комплексу $\text{Bi} \cdot 18\text{C}6 \cdot (\text{CCl}_3\text{COO})_3$ (за наявності 1 М розчину CCl_3COOLi) складає $5,0 \pm 0,1$. Вплив йонної сили розчину на активність йонів металів і трихлорацетат-йонів враховували з допомогою рівняння Девіс [8]. Відкореговані таким чином значення констант являють собою термодинамічні константи екстракції, логарифм якої для комплексу $\text{Bi} \cdot 18\text{C}6 \cdot (\text{CCl}_3\text{COO})_3$ дорівнює 6,8.

Завдяки досить високому значенню $K_{\text{екс}}$ комплексу $\text{Bi} \cdot 18\text{C}6 \cdot (\text{CCl}_3\text{COO})_3$ та його кількісному вилученню в області рН 1—3 з водного розчину хлороформом, що дає змогу селективно відділити Bi^{3+} від ряду катіонів двозарядних металів, які заважають його атомно-абсорбційному визначенню (наприклад, наявність у кінцевому об'ємі 1 мг Cu^{2+} (лінія 222,6 нм) значно знижує аналітичний сигнал Bi^{3+} за лінією 223,1 нм), розроблена методика екстракційно-атомно-абсорбційного визначення Бісмуту.

У ділительну лійку приливають 2,5 мл 5 М розчину CCl_3COOH , 2 мл 0,25 М водного розчину 18С6 та аліквотну частину досліджуваного розчину (< 5,5 мл), що містить 5—100 мкг Bi^{3+} . Розбавляють водну фазу до 10 мл дистильованою водою, прибавляють 10 мл хлороформу і екстрагують протягом 1—2 хвилин. Органічну фазу переносять в мірну колбу ємністю 25 мл, розбавляють до мітки спиртом (метанол, етанол, ізопропанол) і визначають вміст Бісмуту атомно-абсорбційним методом при довжині хвилі 223,1 нм. Результати визначення Bi^{3+} приведені в таблиці.

Таблиця. Результати визначення Бісмуту за наявності нітратів металів (введено 10,5 мкг/мл Bi^{3+} , $n = 4$)

Сторонній метал	$C_{\text{Me}} : C_{\text{Bi}}$	Знайдено Bi , мкг/мл	s, мкг/мл
—	—	10,4	0,3
Fe(III)	40	9,4	0,4
Cu(II)	2000	9,9	0,4
Zn	2000	9,4	0,5
Pb(II)	40	9,2	0,5
Cd	2000	10,1	0,5
Ni(II)	2000	10,0	0,4
Co(II)	2000	10,2	0,4

Як видно з таблиці, методика дає результати, що характеризуються достатньою відтворюваністю й точністю. Досить великі концентраційні надміри ряду металів практично не створюють фактичного впливу на результати визначення Бісмуту. Методика проста у виконанні, експресна і може бути успішно використана в аналітичній практиці.

Висновки

Досліджено умови та вивчено механізм комплексоутворення Bi^{3+} з 18-краун-6 та CCl_3COOH , встановлено склад і стійкість утворених комплексів у воді і органічних розчинниках. Проаналізовано фактори, що впливають на комплексоутворення. Підібрано умови кількісної і разом з тим селективної екстракції комплексу $\text{Bi} \cdot 18\text{C}6 \cdot (\text{CCl}_3\text{COO})_3$ хлороформом. Запропоновано методику екстракційного вилучення та подальшого атомно-абсорбційного визначення Бісмуту в різних об'єктах.

Література

1. Абрамов А. А. Экстракция катионов краун-эфирами. *Вестник Московского университета. Серия 2. Химия*. 2000. Том 41, № 1. С. 3—15.
2. Якшин В. В., Вилкова О. М., Плужник-Гладырь С. М., Котляр С. А. Краун-эфиры в экстракции и сорбции. I. Бромпроизводные бензо- и дибензокраун-эфиров в процессах сорбции элементов из кислых водных растворов. *Макрогетероциклы*. 2010. Том 3 (2—3). С. 114—120.
3. Сухан В. В., Назаренко А. Ю., Крониковский О. И. Двухфазные экстракционные системы на основе ассоциатов трихлоруксусной кислоты с полиэфирами. *Украинский химический журнал*. 1989. Том 55, № 11. С. 1188—1191.
4. Сапрыкин Ю. В., Сафиулина А. М., Магомедбеков Э. П., Тананаев И. Г. Экстракция цезия краун-эфирами в различных средах. *Успехи в химии и химической технологии*. 2011. Том XXV, № 7. С. 33—37.
5. Якшин В. В. Стереохимические особенности процессов экстракции краун-эфирами. *Химия и технология экстракции*. М.: РХТУ, 2001. Том 1. С. 39—47.
6. Александров А. И., Курносоев А. В., Пашкова Т. В., Аكوпова О. Б. Исследование структуры некоторых краун-эфиров в объемных образцах и пленках Ленгмюра-Блоджетт. *Химия и химическая технология*. 2005. Том 8, № 5. С. 38—43.
7. Сухан В. В., Крониковский О. И., Назаренко А. Ю. Аналитическое применение экстракции металлов 18-краун-6 в присутствии трихлорацетат-иона. *Журнал аналитической химии*. 1988. Том XLIV, № 11. С. 1953—1958.
8. Золотов Ю. А. Основы аналитической химии. Методы химического анализа. М.: Высшая школа, 2012. 454 с.

60 РОКІВ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА: НАШІ ДОСЯГНЕННЯ

Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління (завідувач кафедри — професор І. В. Ельперін) проводить на сучасному рівні підготовку фахівців зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування». Кафедра є визнаним лідером серед споріднених випускових кафедр України за рівнем навчально-методичної та науково-дослідної роботи, досконалим обладнанням лабораторій, забезпеченням навчального процесу власними підручниками та посібниками. При кафедрі працюють аспірантура, докторантура, кандидатська спеціалізована вчена рада К26.058.05 (голова ради — професор А. П. Ладанюк).

Досягнення та авторитет кафедри забезпечила багаторічна успішна діяльність колективу в різних напрямках, головними з яких є:

- створення лабораторії обчислювальної техніки на базі ЕОМ «Урал-2М» (1965 р.);

- функціонування проблемної науково-дослідної лабораторії «Динаміка теплових процесів» (1962—1968 рр., наукові керівники професор В. Д. Попов, професор І. С. Гулий);

- обладнання лабораторій кафедри мікропроцесорними контролерами та персональними ЕОМ, починаючи з 1982 р. (вперше в Україні);

- виконання НДР і впровадження перших мікропроцесорних систем автоматизації (цукрові та спиртові заводи, м'ясокомбінати, молочне та хлібопекарське виробництво), які мали принципово нові функціональні можливості порівняно з традиційними;

- розробка перших освітньо-професійних програм (ОПП) та освітньо-професійних характеристик (ОКХ), які набули статусу державних стандартів за створеним напрямом «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», керівництво науково-методичною комісією з цього напрямку (професор А. П. Ладанюк);

- проведення щорічних науково-технічних семінарів разом з Будинком науково-технічної пропаганди (1972—1990 рр.);

- проведення щорічних Інтернет-конференцій з актуальних проблем автоматизації.

Починаючи з 1937—1959 рр., дослідження в галузі автоматизації технологічних процесів харчових виробництв здійснювались у двох напрямках: створення необхідних технічних засобів, передусім первинних перетворювачів, і розробка та впровадження систем автоматизації. Саме в цей час були створені спеціалізовані лабораторії з автоматичного управління. У 1959 р. як окремий структурний підрозділ інституту було утворено кафедру автоматизації виробничих процесів (наказ № 141 від 29.08.1959 Київського технологічного інституту харчової промисловості). З часу свого утворення кафедра пройшла два періоди розвитку: перші 30 років пов'язані з традиційним

напрямом автоматизації технологічних процесів, останні роки — з автоматизацією цих процесів на основі комп'ютерно-інтегрованих технологій і принципово нових методів сучасної теорії керування для побудови складних ієрархічних систем керування розвиненою структурою на базі мікропроцесорних засобів та ЕОМ.

Упродовж 1959—1966 рр. кафедру очолював професор В. Д. Попов, який заклав фундаментальні основи аналізу та вивчення динаміки технологічних процесів, зокрема тепло- та масообмінних перетворень. Перший випуск фахівців із спеціальності «Автоматизація та комплексна механізація хіміко-технологічних процесів» відбувся у червні 1963 року. Матеріально-технічна база кафедри розширювалася та вдосконалювалася за рахунок нових технічних засобів автоматики та електронних і пневматичних систем регулювання. Також було організовано навчальні лабораторії — контрольно-вимірвальних приладів, автоматичного регулювання та промислової електроніки, а в 1965 р. — лабораторію обчислювальної техніки на базі ЕОМ типу «Урал-2М» (завідувач лабораторії А. П. Ладанюк). Співробітники кафедри викладали дисципліни з автоматизації технологічних процесів усім випускникам інституту. Кафедра була випусковою з підготовки фахівців у галузі автоматизації харчових виробництв. Водночас було започатковано практику перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників харчової промисловості, особливо спеціалістів у галузі автоматизації.

Викладачами кафедри підготовлено потрібну науково-методичну літературу. Так, доценти Д. І. Скобло та І. П. Глибін опублікували книгу «Автоматизація процесів харчових виробництв» (1962 р.), яка вперше в СРСР стосувалася виробництв харчової промисловості і призначалася не тільки для студентів, а й для широкого технічного загалу. Науково-дослідна робота кафедри була спрямована на розроблення систем автоматизації технологічних процесів (професор Д. І. Скобло та доцент І. П. Глибін). Основні розробки виконувались для підприємств цукрової та хлібопекарської промисловості. Так, у 1963—1965 рр. була впроваджена система автоматизованого управління випарною установкою на Хмельницькому цукровому заводі (керівник — професор В. Д. Попов), а у 1964 р. почалися роботи з автоматизації технологічних процесів Київського хлібокомбінату № 9.

У першій половині 60-х років ХХ ст. на основі комплексного дослідження закономірностей робочих процесів та розроблення ефективних систем управління були закладені підвалини системного підходу до створення автоматизованих технологічних агрегатів і виробничих ділянок харчових виробництв. Поряд із створенням систем автоматизації технологічних процесів досліджувалися закономірності кристалізації цукру у вакуумних апаратах неперервної дії. За наказом Мінвузу УРСР у 1961 р. утворена проблемна науково-дослідна лабораторія (наукові керівники — професор В. Д. Попов, доцент І. С. Гулий), де розпочалися роботи, які пізніше ввійшли до циклу наукових праць «Промислова кристалізація цукрози» і в 1994 р. були відзначені Державною премією України (серед авторів — професори В. Д. Попов, І. С. Гулий, С. І. Сіренко).

З 1966 р. впродовж 10 років кафедру очолював кандидат технічних наук, професор Д. І. Скобло. Склад кафедри збільшився до 20 осіб, серед яких кількість викладачів з ученими ступенями і званнями перевищувала 60%. У

цей час колектив активно продовжував роботи з оснащення лабораторій кафедри потрібними технічними засобами. У наукових дослідженнях та у навчальній роботі широко застосовувалось моделювання на аналогових обчислювальних машинах. Лабораторії контрольно-вимірвальних приладів та автоматичного регулювання поповнилися індустріальною регулювальною машиною «Амур» і щитом керування хлібним елеватором, а також стендами та пультами для розміщення засобів автоматизації.

У 1976—1977 рр. кафедру очолював кандидат технічних наук, доцент А. М. Чорний. З 1976 р. розпочалася робота з реконструкції матеріально-технічної бази кафедри та переоснащення лабораторій згідно з науковими тенденціями розвитку промисловості та новими вимогами до рівня підготовки спеціалістів. Поповнювався парк вимірвальних приладів і регуляторів за рахунок сучасних автоматичних електронних та пневматичних систем. Так, лабораторію промислової електроніки було переобладнано найсучаснішими, як на той час, стендами промислового виробництва, укомплектовано електронними вимірвальними приладами, на кафедрі з'явилися зручні місця для роботи студентів.

З 1977 р. кафедру очолював випускник кафедри 1964 р., доктор технічних, професор, академік Міжнародної академії комп'ютерних наук та систем, Заслужений діяч науки і техніки України А. П. Ладанюк. У зв'язку зі зростанням вимог до підготовки спеціалістів у галузі автоматизації промисловості та появою нових можливостей їх підготовки на реконструйованій та осучасненій матеріально-технічній базі у 1987 р. кафедра отримала назву автоматизації технологічних процесів та виробництв. У 1988—1998 рр. кафедрою здійснено повний перехід на нові технічні засоби автоматизації — мікропроцесорні пристрої та контролери з використанням їх у комп'ютерно-інтегрованих системах управління. У навчальному процесі на зміну аналоговим обчислювальним машинам МН-7 прийшли персональні комп'ютери. У 1989 р. вперше в університеті кафедра отримала п'ять персональних комп'ютерів ІВМ. Саме з цього часу розпочався новий етап у розвитку кафедри, в основі якого лежало широке використання в системах управління комп'ютерно-інтегрованих технологій. Парк персональних комп'ютерів постійно зростає, що дало змогу у 1997 р. створити кафедральну лабораторію персональних ЕОМ.

У другій половині 90-х років ХХ ст. на кафедрі традиційно готувалися спеціалісти з фаху «Автоматизоване управління технологічними процесами» та розпочалась підготовка спеціалістів за новою спеціальністю «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва». У 1999 р. наказом по Українському державному університету харчових технологій кафедра отримала нову назву «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології».

Вперше в Україні кафедрою було започатковано широке впровадження мікропроцесорних систем управління та розроблення комп'ютерно-інтегрованих структур у харчовій промисловості. Так, у 1987 — 1998 рр. було розроблено та впроваджено понад 30 мікропроцесорних систем управління на ряді підприємств харчової та переробної промисловості України, зокрема на Саливінківському, Узинському, Дуднівському, Хоростківському, Носівському, Рокитнянському, ім. 9-го січня, Цибулівському, Слущькому (Білорусь), цукрових; Червонослобідському, Будильському, Узинському, Триліському,

Стадницькому спиртових; Київських молокозаводах № 2, 3 та на Черкаському м'ясокомбінаті.

За цей час професорсько-викладацький склад відповідно до нових вимог зріс кількісно і якісно, зокрема професори та доценти становили майже дві третини.

Упродовж свого існування вчені кафедри активно виконували науково-дослідну роботу й впроваджували у виробництво сучасні системи автоматизації. За рішенням Ради Міністрів СРСР з 1972 р. кафедра здійснювала наукове керівництво розробленням сучасних автоматизованих систем експрес-аналізу якості (АСЕАЯ) сировини для харчової промисловості (за участю галузевих науково-дослідних інститутів). Безпосередньо кафедра разом з іншими кафедрами інституту розробляла експрес-методи автоматичного визначення показників якості картоплі (доцент А. М. Чорний), насіння соняшника (доцент Б. М. Гончаренко), цукрових буряків (професор М. О. Архипович) та винограду (доцент Р. Б. Попов). Для цього був створений науковий колектив з членів кафедри автоматизації, технології цукру, технології спирту та мікробіології (керівники — доценти В. Й. Луцик та А. М. Чорний). Роботи виконувались згідно із загальносоюзним планом найважливіших науково-дослідних і конструкторських робіт. У 1966—1976 рр. виконання робіт з автоматизації виробництва розширилося за рахунок таких галузей, як крохмале-патокова, хлібопекарська, кондитерська тощо.

У 1998 р. було завершено виконання договору з Держхарчопромом України з розроблення програмно-технічних комплексів для комп'ютерно-інтегрованих систем підвищеної надійності й оперативності управління на основі підсистем інтелектуальної підтримки прийняття рішень. У результаті виконання комплексу науково-дослідних робіт кафедрою розроблено галузеві рекомендації зі створення автоматизованих технологічних комплексів у складі комп'ютерно-інтегрованого виробництва (харчова промисловість). Плідна діяльність викладачів кафедри одержала високу оцінку. У 1979 р. розробка «Автоматична система вапняного відділення Бобруйського заводу» була нагороджена бронзовою медаллю ВДНГ СРСР (професор В. Г. Трегуб, молодший науковий співробітник А. І. Стадніченко). У 1983 р. дипломом Центрального правління НТТ харчової промисловості СРСР було нагороджено КТІХП за розробку приладів та методик до АСЕАЯ картоплі, виконану колективом кафедри автоматизації під керівництвом В. І. Луцика, А. М. Чорного, Б. М. Гончаренка. У 1985 р. за цикл робіт «Автоматизація періодичних процесів у харчовій промисловості» професор В. Г. Трегуб нагороджений третьою премією на конкурсі за кращу науково-дослідну роботу, виконану у вищих навчальних закладах України.

Кафедра активно здійснювала міжнародне співробітництво. Так, у 1976—1987 рр. за кордоном працювали професори В. Г. Трегуб, Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанок (Куба), С. І. Сіренко, завідувач лабораторії О. М. Пиріг (Алжир). Українські вчені передавали спеціалістам цих країн кращий досвід навчально-виховної та науково-дослідної роботи.

На кафедрі підготовлено також чотири дисертації аспірантами-іноземцями: трьома — з Республіки Куба і одним — з Болгарії (наукові керівники — професори В. Г. Трегуб, А. П. Ладанюк, С. І. Сіренко).

Завдяки фінансуванню МОН України у 2000—2017 рр. колективом кафедри виконувались науково-дослідні роботи за планом ПНДЛ, зокрема фундаментальні і прикладні:

- «Створити наукові основи управління біотехнологічними процесами Харчових виробництв на основі принципів самоорганізації та адаптації» (2004—2006 рр.);

- «Розробити основи ресурсоощадного інтелектуального керування біотехнологічними процесами з використанням багатоагентних сценарно-когнітивних моделей» (2007—2009 рр.);

- «Розробити ефективні структури управління біотехнологічними комплексами в класі організаційно-технологічних систем» (2010—2011 рр.);

- «Створити динамічні експертні системи керування біотехнологічними комплексами харчових виробництв в умовах ситуаційної невизначеності» (2012—2013 рр.);

- «Теоретичні основи розробки робастно-оптимальних систем керування складними технологічними об'єктами та комплексами в умовах невизначеності» (2015—2017 рр.).

У двохтисячних роках розпочався новий етап модернізації навчальних лабораторій. Було налагоджено співробітництво з провідними фірмами світу, які займалися розробкою і впровадженням нового покоління мікропроцесорних управляючих пристроїв — програмованих логічних контролерів та інших технічних засобів автоматизації.

Сьогодні навчальні лабораторії мають одне з найкращих в Україні оснащення технічними засобами провідних фірм світу: Schneider Electric, Vipa, Mitsubishi, Hitachi, Honeywell, Siemens, Danfos, Open System, FESTO, Овен, Мікрол, Тера тощо, яке забезпечує можливість майбутнім фахівцям не тільки оволодівати ґрунтовними теоретичними знаннями, а й набувати необхідних практичних навичок, що дуже цінується майбутніми роботодавцями.

З 2011 р. підготовка фахівців проводилась на двох випускових кафедрах: автоматизації процесів управління (яка мала також назву автоматизації та інтелектуальних систем керування) та інтегрованих автоматизованих систем управління. З червня 2018 р. ці кафедри об'єднані в одну випускову, яка має назву «Автоматизація та комп'ютерні технології систем управління». Очолює кафедру кандидат технічних наук, професор І. В. Ельперін.

Показниками плідної науково-дослідної роботи кафедр за час їх існування є підготовка і захист чотирьох докторських та більше 25 кандидатських дисертацій, отримання більше 100 авторських свідоцтв і патентів, публікації підручників, посібників та понад 500 статей і тез виступів на наукових конференціях.

В університеті протягом більш ніж 25 років функціонує спеціалізована вчена рада К 26.058.05 із захисту кандидатських дисертацій зі спеціальності 05.13.07 «Автоматизація процесів керування» (151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»), що надало можливість повністю забезпечити необхідний кадровий склад кафедри для виконання навчально-методич-

ної та науково-дослідної роботи. Протягом тривалого часу (1991—2014 рр.) професор А. П. Ладанюк був членом, а потім головою науково-методичної комісії науково-методичної ради Міністерства освіти і науки за напрямом «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Останнім часом ці функції виконує професор І. В. Ельперін.

У 2018 р. докторську дисертацію захистив випускник докторантури, доцент В. В. Іващук. До захисту підготовлено ще дві докторські дисертації.

Підготовка магістрів забезпечена двома акредитованими освітніми програмами:

- «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління»;

- «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування».

Це дає змогу колективу кафедри брати участь у дослідженнях з автоматизації виробництва та визначати перспективні напрями їх розвитку.

Сьогодні колектив кафедри вдало і вміло поєднує методи сучасної та новітньої теорії керування (інтелектуальні системи, методи робастного та адаптивного керування, робототехніка, комплексні підходи) з досконалим технічним забезпеченням, що забезпечує підготовку фахівців на світовому рівні.

ДО 70-РІЧЧЯ КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ І КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Цього року виповнюється 135 років заснування Національного університету харчових технологій. Починаючи від створення смілянських класів і донині, заклад неодноразово реорганізовувався, змінилося декілька поколінь, які вклали у розвиток закладу багато праці. В таку річницю не можна оминати і 70-річний ювілей кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів.

Роботу зі створення кафедри у 1949 р. провів декан технологічного факультету, доцент К. Д. Жура. Першими викладачами кафедри були І. М. Ройтер та А. А. Міхелєв. Протягом 23 років (з 1954 по 1977 рр.) кафедру очолював професор А. А. Міхелєв. У різні роки кафедру також очолювали професор А. Т. Лісовенко, доцент Н. І. Берзіна, доцент О. С. Острик. Тривалий час кафедрою керувала професор, член-кореспондент НААН В. І. Дробот. З 2006 р. кафедру очолює професор В. М. Ковбаса.

В усі роки на кафедрі працювали висококваліфіковані викладачі, які мали значний досвід роботи у промисловості. Серед них: доценти Н. І. Берзіна, А. П. Демчук, А. Я. Коваленко, Є. В. Лях, О. А. Руденко-Грицюк, Л. М. Маркіанова, Н. О. Чумаченко, Л. Ю. Годунова, І. А. Сисоєв, В. І. Теличкун, С. І. Сидоренко, А. І. Скорикова, А. Д. Прокопенко, Є. Г. Бондаренко, Л. М. Неделіна, Т. О. Степаненко, В. Ф. Доценко, Ю. В. Устинов, ст. викладач В. У. Кокарева, які зробили вагомий внесок у розвиток та удосконалення методичної і наукової роботи, що забезпечувало підготовку фахівців хлібопекарської та кондитерської промисловості.

Назву кафедри декілька разів змінювали, що було пов'язано з розширенням напрямів підготовки та спеціалізацій. Спочатку це була кафедра хлібопекарського, кондитерського і макаронного виробництва, згодом — кафедра технології хлібопекарського, кондитерського, макаронного виробництва і харчоконцентратів. Після отримання у 1993 р. ліцензії на підготовку за спеціальністю «Зберігання і переробка зерна» кафедра отримала назву «Технологія хлібопекарського, кондитерського, макаронного виробництва і зерна». Тривалий час (з 1993 р.) на кафедрі здійснювалася підготовка фахівців за спеціалізацією «Харчова технологія багатопрофільних підприємств». Зважаючи на розвиток виробництва органічних продуктів в усьому світі, у 2018 р. на кафедрі започатковано підготовку фахівців за новою освітньою програмою «Технології органічних харчових продуктів».

Колектив кафедри також сприяв відкриттю філій університету в коледжах таких міст, як Кам'янець-Подільський, Суми, Сміла, Львів, Сімферополь. На сьогодні викладачі продовжують роботу зі студентами заочно-дистанційної форми навчання філій НУХТ.

За час свого існування колектив кафедри підготував понад 7500 фахівців. Випускники, що навчалися за спеціальністю (зараз за освітньою програмою) «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів», обіймають посади державних службовців, директорів, головних інженерів, начальників змін, завідувачів лабораторій, змінних технологів, інже-

нерів-технологів на великих і малих підприємствах, у міжнародних компаніях не лише в Україні, а й за кордоном.

Колектив кафедри постійно опікувався підготовкою аспірантів та докторантів. На сьогодні на кафедрі підготовлено та захищено понад 100 кандидатських та 9 докторських дисертацій.

Викладачі кафедри постійно удосконалюють проведення лабораторних, практичних і лекційних занять із застосуванням сучасних навчальних технологій. Протягом декількох років викладачі пройшли стажування в університетах Болгарії, Німеччини, Польщі, Словаччини та Чехії. Результатом стало впровадження передового досвіду вищих навчальних закладів Європи у навчальний процес, в тому числі викладання іноземною мовою. На кафедрі оснащені спеціалізовані лабораторії, функціонує хлібопекарська лабораторія «Leiprigin», організовано роботу комп'ютерного класу, створено спеціалізовану аудиторію «Музей хліба». Тривалий час кафедра мала філії на Хлібозаводі № 12 м. Києва та Київській кондитерській фабриці ім. К. Маркса для проведення занять, науково-дослідної роботи та практики.

Наукова робота кафедри розпочалась з досліджень професорів А. А. Міхелева та І. М. Ройтера. Так, професор А. А. Міхелєв зробив значний внесок у дослідження роботи хлібопекарських печей та їх удосконалення. Згодом це переросло у науковий напрям розробки прогресивної технології й обладнання хлібопекарського і кондитерського виробництва. На замовлення Міністерства харчової промисловості УРСР у 1966 р. при кафедрі була створена та існувала більше 20 років Галузева науково-дослідна лабораторія по хлібопекарських і кондитерських печах.

Вагомий внесок у розвиток наукових досліджень здійснили член-кореспондент НААН, професор В.І. Дробот, професори А. М. Дорохович, В. М. Ковбаса, В. Г. Юрчак, В. І. Оболкіна, В. Ф. Доценко, Л. Ю. Арсенєва, які сформували свої наукові школи. Розробки цих дослідників впроваджені в Україні та відомі далеко за її межами. У 2016 р. професорам В. І. Дробот та В. М. Ковбасі було присвоєно звання лауреатів державних премій у галузі науки і техніки.

Копітка праця колективу над науковими розробками галузі зумовила формування чотирьох основних напрямків науково-дослідної роботи кафедри.

Напрямок розробки прогресивних технологій хлібобулочних і макаронних виробів, започаткований професором І. М. Ройтером, продовжила та розвинула професор В. І. Дробот, від керівництвом якої виконується держбюджетна тематика «Розроблення інноваційних технологій традиційних та спеціальних хлібобулочних виробів», захищено 23 кандидатські та 4 докторські дисертації. Більшість з них присвячено використанню нетрадиційної сировини у хлібопеченні: молочних продуктів, овочевих порошоків, продуктів переробки олійних культур, цільнозернового борошна пшениці (доцент Л. А. Михонік), борошна круп'яних (доцент А. М. Грищенко), бобових культур і білкових ізолятів (доцент В. М. Махінько), борошна тритикале (доцент Т. О. Федорова), нетрадиційної цукровмісної сировини та цукрозамінників (доценти Ю. В. Бондаренко, Н. О. Місечко). Ще один важливий напрям дослідження кафедри — використання поліпшувачів (сухої пшеничної клейковини, ферментних препаратів, добавок окисно-відновної та

структуруючої дії) з метою корегування якості борошна (доцент О. А. Білик), виробництво заморожених напівфабрикатів, хлібобулочних виробів спеціального призначення. З метою інтенсифікації технологічних процесів комплексно досліджено технологічні властивості дріжджів різних виробників, вплив інтенсивності замісу на перебіг процесів та якість виробів (доцент О. Д. Тесля). Важливим стало дослідження використання рідких дріжджів (доцент Н. О. Фалендиш) та житніх заквасок спонтанного бродіння (доцент Т. А. Сильчук).

Дослідження технологій різних груп кондитерських виробів розвинула професор А. М. Дорохович, яка керує напрямом держбюджетної тематики «Розробка прогресивних ресурсозберігаючих технологій кондитерських виробів із використанням нових видів сировини з оздоровчими, імуностимулюючими та радіозахисними якостями для всіх груп населення, в тому числі для хворих на цукровий діабет». Під її керівництвом захищено 19 кандидатських та 3 докторських дисертацій. Вперше в Україні було розроблено технологію безглютенового печива (доцент О. В. Бабіч) і технологію маршмелову (доцент В. М. Яценко), досліджено технологічні властивості цукрозамінників нового покоління (лактитолу, ізомальту, еритритолу тощо) та їх застосування для виробництва кондитерських виробів, створено рецептури виробів для різних вікових груп населення з урахуванням рекомендацій геродієтики та виробів з редукованою енергетичною цінністю та глікемічністю (професор В. В. Дорохович, асистент О. М. Костенко), помадних цукерок з подовженим терміном зберігання (доцент О. О. Кохан). Під керівництвом професора А. М. Дорохович виконала та захистила докторську дисертацію доцент Ю. В. Камбулова, яка глибоко дослідила технологію кондитерських виробів пінодраглеподібної структури.

Розробленню технології комбінованих кондитерських виробів за холодною екструзією присвячено дослідження професора В. І. Оболкіної. Під її керівництвом також розроблено технології цукерок з комбінованими корпусами (доцент С. Г. Кияниця), борошняних і цукристих кондитерських виробів, збагачених продуктами переробки плодів, ягід та овочів, захищено 5 кандидатських дисертацій.

Напрямок розробки інноваційних технологій харчоконцентратного виробництва було започатковано захистом дисертації професора В. М. Ковбаси. За держбюджетною тематикою «Розробка прогресивних ексклюзивних технологій харчоконцентратів підвищеної харчової, біологічної цінності, швидкого приготування, дитячого, лікувально-профілактичного призначення на основі зернової сировини» проведено дослідження великого асортименту харчоконцентратів. Значно розширилися дослідження технології екструзійних і коеструзійних продуктів (доцент В. А. Терлецька, асистенти О. В. Запотоцька, Н. Г. Миронова), харчоконцентратів швидкого приготування (доцент О. В. Кобилінська), чипсів картопляних (асистент О. А. Коваленко), удосконалено технології харчоконцентратів обідніх страв (асистент В. Я. Пічкур) та дитячого харчування, снєків з підвищеною харчовою цінністю та радіопротекторними властивостями (доцент І. М. Зінченко) тощо. За цим напрямом підготовлено та захищено 9 кандидатських дисертацій та одну докторську.

Завдяки професору В. Г. Юрчак поглибились дослідження технології макаронних виробів. За тематикою «Наукове обґрунтування і вдосконалення технології макаронних виробів у разі перероблення борошна пониженої якості та створення продуктів оздоровчого призначення» було розроблено рецептури виробів з яєчним білком (доцент Т. П. Голікова), добавками структуроутворювальної дії (С. Д. Паливода). Вагомими були дослідження технології макаронних виробів з кукурудзяного борошна для хворих на целиацію (О. В. Рожно). Комплекс досліджень щодо виробництва та використання хмелевих заквасок у технології пшеничного хліба проведено доцентом В. П. Рак. Під керівництвом професора В. Г. Юрчак захищено 6 кандидатських дисертацій.

Інноваційні розробки вчених кафедри демонструються на всеукраїнських і міжнародних конференціях та виставках, впроваджуються у виробництво. Безліч нагород на конкурсах «Солодкий тріумф» і «Всеукраїнської дегустаційної комісії України» отримали вироби, розроблені під керівництвом професорів, докторів технічних наук А. М. Дорохович, В. І. Оболкіної, В. І. Дробот та доктора технічних наук Ю. В. Камбулової.

Результати величезної праці колективу на науковій та освітній ниві, його вклад у розвиток університету відображають 25 монографій, підручників і навчальних посібників, понад 2000 наукових статей, підтверджують понад 280 авторських свідоцтв і патентів на винахід.

Вагомим результатом діяльності кафедри, що сприяє розвитку науки і техніки, розширює міжнародне співробітництво, є організація міжнародних науково-практичних конференцій, присвячених проблемам хлібопекарської та кондитерської промисловості, які проводяться на базі галузевих виставок «Хліб-Кондитер-Експо» та «Sweets&Bakery Ukraine». Неодноразово проводилися конференції на базі університету, зокрема «Використання заквасок у технології хлібобулочних виробів» за участі фахівців з Німеччини та Фінляндії.

Нині на кафедрі працює 22 викладачі. Всі професори залучені до роботи у спеціалізованих вчених радах із захисту дисертацій в НУХТ, ХДУХТ та ОНАХТ, а доценти О. А. Білик, Ю. В. Камбулова, І. М. Зінченко є секретарями вчених рад НУХТ. Багато викладачів входять до складу редколегій наукових журналів, беруть участь у роботі дегустаційних комісій, оргкомітетів міжнародних конференцій, круглих столів тощо.

Під керівництвом професорів та доцентів студенти неодноразово ставали переможцями всеукраїнського та міжнародного конкурсів студентських наукових робіт, виборювали призові місця у II етапі Всеукраїнської студентської олімпіади зі спеціальності «Харчові технології». Щороку колектив кафедри організовує конкурси «Кращий технолог», який проводиться серед бакалаврів, та «Кращий технік-технолог», що проводиться серед студентів коледжів НУХТ.

Святкуючи 70-річний ювілей кафедри, шануючи традиції, сформовані в університеті та на кафедрі, враховуючи всі сучасні тенденції в освіті та розвитку технологій, споглядаючи у минуле та зважаючи на вклад кожного викладача, який доклав зусиль у її розвиток, маємо низько поклонитися всім та подякувати. Бажаємо колективу творчого натхнення, нових здобутків на освітній та науковій ниві, зміцнення міжнародного співробітництва.

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 роздруковок 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 основного матеріалу;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ 8302:2015. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора.