



2019

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 25 № 1

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

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2019

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

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

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

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

Editorial office address:

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

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 7 from 28th of February, 2019

© NUFT, 2019

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

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

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

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

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

Адреса редакції:

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

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 7 від 28 лютого 2019 року

© НУХТ, 2019

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор
Editor-in-Chief

Анатолій Українець
Anatoliy Ukrainets

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

Заступник головного редактора
Deputy chief editor

Олександр Шевченко
Olexander Shevchenko

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

Відповідальний секретар
Accountable secretary

Юрій Пенчук
Yuriy Penchuk

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

Члени редакційної колегії:

Агота Гедре Райшене
Agota Giedre Raisiene

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

Атанаска Тенева
Atanaska Teneva

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

Анатолій Зайнчковський
Anatoly Zainchkovskiy

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

Анатолій Ладанюк
Anatoly Ladanyuk

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

Андрій Маринін
Andrii Marynin

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

Брайан Мак Кенна
Brian McKenna

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

Валерій Мирончук
Valerii Myronchuk

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

Василь Кишенько
Vasyl Kyshenko

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

Василь Пасічний
Vasyl Pasichnyi

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

Віктор Доценко
Victor Dotsenko

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

Віктор Стабніков
Viktor Stabnikov

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

Володимир Зав'ялов
Volodymyr Zavialov

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

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

ЗМІСТ

Автоматизація та інформаційні технології

Гладка М.В., Бойко Р.О., Гладкий Я.В. Оцінювання бізнес-процесів підприємств з використанням методу функціонально-вартісного аналізу ABC 7

Біотехнологія і мікробіологія

Скροцька О.І., Пирог Т.П., Скροцький С.О. Лігноцелюлозні відходи як сировина для синтезу бутанолу клостридіями 16

Економіка і соціальний розвиток

Басюк Д.І., Івченко Л.О., Ткачук Н.А., Верес К.О. Оцінка впливу макроекономічних факторів на розвиток готельного господарства в Україні 33

Петухова О.М., Ямкова А.М. Розвиток експортної діяльності бурякоцукрового комплексу 47

Тюха І.В., Полінчик-Ярова Т.В. Стан, тенденції і перспективи розвитку українського експорту продукції АПК 55

Пахомська О.В. Сучасний стан і перспективи розвитку ресторанного господарства в Україні 65

Милованов Є.В., Коняшин А.В. Особливості розвитку ринку органічних круп в Україні 73

Кулінич О.А., Федоренко Н.М. Теоретичні аспекти формування рейтингової вагомості закладів вищої освіти 84

Науки про життя

Українець А.І., Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Перспективи впровадження аюрведичної системи оздоровлення в Україні: точки зору 94

Процеси і апарати харчових виробництв

Васильков В.В., Чепелик О.М., Чепелик О.О. Багатокритеріальний вибір обладнання для формування котлетних виробів 104

Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Бут С.А., Степанець О.І. Замкнуті енергетичні контури в харчових технологіях 116

Тепло- і енергопостачання

Балута С.М., Йовбак В.Д., Копилова Л.О., Соколова О.М. Інтелектуальне управління електроспоживанням промислового підприємства 128

Мазуренко О.О., Коломієць Д.П., Луценко В.В., Мазуренко О.Г. Температурні способи та прилади вимірювання теплофізичних характеристик харчових продуктів 139

Фізико-математичні науки

Король А.М., Медвідь Н.В., Гуцало І.В., Ісай В.М. Транспорт квазіелектронів Дірака крізь сходиноподібний потенціальний бар'єр у 3D топологічному ізоляторі 161

CONTENTS

Automation and Information Technologies

Gladka M., Boyko R., Hladkyi Y. An estimation of business processes of enterprises using the method of functional and cost analysis of ABC 7

Biotechnology and Microbiology

Skrotska O., Pirog T., Skrotskyi S. Lignocellulosic wastes as the feedstock for butanol production by clostridia 16

Enterprise Economy and Social Development

Basyuk D., Ivchenko L., Tkachuk N., Veres K. Assessment of the macroeconomic factors impact on the development of the hotel industry in Ukraine 33

Pietukhova O., Yamkova A. Development of export activity of the beetroot-sugar complex 47

Tyukha I., Polynchik-Yarova T. State, trends and prospects for development of Ukrainian export agricultural products 55

Pahomska O. Current state and prospects of development of the restaurant industry in Ukraine 65

Milovanov E., Konyashyn A. Peculiarities of organic groats market development in Ukraine 73

Kulinich O., Fedorenko N. Theoretical aspects of forming the rating weight of higher educational establishments 84

Life Sciences

Ukrayinets A., Simakhina G., Naumenko N. Perspectives of implementation of ayurvedic wellness system in Ukraine: some viewpoints 94

Processes and Equipment for Food Industries

Vasyukov V., Chepeliuk O., Chepeliuk O. The multicriterion choice of burger forming machine 104

Sokolenko A., Shevchenko O., But S., Stepanets O. Closed energy contours in food technologies 116

Heat and Electricity

Baluta S., Jovbak V., Kopilova L., Sokolova O. Intelligent electricity management of industrial enterprise 128

Mazurenko O., Kolomiets D., Lutsenko V., Mazurenko O. Thermometric methods and devices for measuring the thermal characteristics of food products 139

Physical and Mathematical Sciences

Korol A., Medvid N., Hutsalo I., Isai V. Transport of the Dirac quasielectrons through the step-like potential barrier in the 3D topological insulator 161

Харчові технології

Александров О.В., Цихановська І.В., Кайда Н.С., Євлаш В.В. Розробка рецептури сиркового десерту «Слоненя» з використанням харчової добавки «Магнетофуд»

Карпутіна М.В., Войтенко М.К., Харгелія Д.Д., Тетеріна С.М., Романова З.М. Нетрадиційна сировина в технології квасу бродіння

Кравченко М.Ф., Кубліньська І.А. Обґрунтування технології соусу з композиційною сумішшю грибних порошоків

Радзівська І.Г., Пасічний В.М., Ющенко Н.М., Кузьмик У.Г. Розробка оксистабільних композицій аюрведичних сумішей прянощів для косметичної промисловості

Дробот В.І., Приходько Ю.С., Бережна Г.О. Борошно сорго у технології безглютенового хліба

Дітріх І.В., Ілчук Н.В., Єфимович П.С. Характеристика рибних зраз із капустою романеско (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis* L.) як функціонального інгредієнта

Шаповаленко О.І., Євтушенко О.О., Ляшко Г.В. Дослідження впливу додавання соди та пшеничних висівок на екструзування зерна кукурудзи

Степанькова Г.В., Олійник С.Г., Шидакова-Каменюка О.Г. Кваліметрична оцінка якості хліба пшеничного з використанням шроту зародків вівса та макухи зародків кукурудзи

Ясінська І.Л., Іванова В.Д. Використання порошоків з пророщеного насіння сільськогосподарських культур у технології майонезу висококалорійного

Литвяк В.В. Теорія і практика модифікації крахмалосодержащего сырья для создания новых продуктов питания

Food Technology

169 *Alexandrov A., Tsykhanovska I., Kaida N., Evlash V.* Development of reproduction of cheese dessert “Slonenia” with the use of food additive “Magnetofood”

180 *Karputina M., Voitenko M., Khageliia D., Teterina S., Romanova Z.* Non-traditional raw material in the technology of fermented kvass

189 *Kravchenko M., Kublins'ka I.* The justification of the technology of sauce with a composite mixture of mushroom powders

199 *Radzievska I., Pasichnyi V., Yushchenko N., Kuzmyk U.* The development of oxystable compositions of ayurvedic spices mixtures for cosmetic industry

208 *Drobot V., Prihodko J., Berezna H.* Flour sorghum in the technology of gluten free bread

215 *Ditrih I., Ilchuck N., Yefymovych P.* Characteristics of fish zrazy with brassica oleracea (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis* L.) in quality of functional ingredient

225 *Shapovalenko O., Yevtushenko O., Lyashko H.* Research of the influence of addition of soda and wheat bran on the corn grain extrusion

233 *Stepankova G., Oliinyk S., Shydakova-Kamenyuka E.* Qualimetric evaluation of the quality of wheat bread with the addition of swirling of oat germ and oilcake of maize germ

243 *Yasinska I., Ivanova V.* Using of powders of agricultural crops germinated seeds in technology of mayonnaise

254 *Lityyak V.* The theory and practice of updating of raw materials containing starch for creation of a new foodstuff

AN ESTIMATION OF BUSINESS PROCESSES OF ENTERPRISES USING THE METHOD OF FUNCTIONAL AND COST ANALYSIS OF ABC

M. Gladka, R. Boyko

National University of Food Technologies

Y. Hladkyi

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Key words:

Plan

Work

Resources

Business processes

Analysis

ABC method

Optimization

Article history:

Received 08.01.2019

Received in revised form
30.01.2019

Accepted 06.02.2019

Corresponding author:

M. Gladka

E-mail:

mira@nuft.edu.ua

ABSTRACT

The problems of determining the priorities of the implementation of functions and tasks of business processes of the enterprise are described. Successful implementation of the project requires a clear plan for the duration of each project, determination of resources for implementation and description of construction of an algorithm for the priority of the implementation of the work. In order to construct priorities, it is necessary to take into account the significance, the cost of the resources involved to perform as a separate function and the overall business process of the enterprise which prompts the regulation of the interaction of individual components of the process. The precise performance of a particular function induces the determination of the significance factor and an effect of the implementation for the overall effect of the work. Distribution of priorities for ABC-analysis will determine the importance of each function for solving the tasks.

The division of work into groups was performed by an example of project management planning, taking into account the significance of each work in the whole project. A specific weight was defined for each resource, which is the main criterion for distribution of resources into the work of the business process according to the groups. A table with a list of projects which takes into account the priority of functions was constructed. The parts of each position in the general business process were calculated, depending on the using of the resource for a specific work with relation to the total amount of expenses. The general distribution, executed by the empirical method, showed the result of the entry of a list with the tasks in each of the ABC groups.

Careful planning of work with the prioritization of resource allocation will reduce the risks of project management without excessive costs for the resources. The described technology takes into account the various ratings (significance) of the priority of the execution of works and due to this it is quite effective in planning.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-3

ОЦІНЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНОГО АНАЛІЗУ АВС

М.В. Гладка, Р.О. Бойко

Національний університет харчових технологій

Я.В. Гладкий

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У статті описано проблематику визначення пріоритетів виконання функцій і задач бізнес-процесів підприємства. Успішна реалізація проекту вимагає наявності чіткого плану тривалості кожної з робіт проекту, визначення ресурсів на виконання та побудову алгоритму пріоритетності виконання описаних робіт. Для побудови пріоритетів необхідне врахування значимості, вартості залучених ресурсів для виконання як окремою функцією, так і загального бізнес-процесу підприємства, що вимагає врегулювання взаємодії окремих складових процесу. Чітке виконання окремої функції спонукає визначити коефіцієнт значимості та ефект від реалізації для загального ефекту роботи. Розподіл пріоритетів за АВС-аналізом дасть змогу виконати призначення відповідальних відповідно до важливості кожної функції у вирішенні поставлених задач.

На прикладі планування управління проектними роботами було виконано розподіл робіт за групами з урахуванням значимості кожної роботи в цілому на проекті. Визначено питому вагу кожного з ресурсів, що є основним критерієм для розподілу ресурсів на роботи бізнес-процесу відповідно до груп. Побудовано таблицю з переліком проектних робіт, для яких враховано пріоритет функцій, розраховано частки кожної позиції в загальному бізнес-процесі залежно від використання ресурсу на конкретну роботу у співвідношенні до загальної кількості витрат. Загальний розподіл, виконаний емпіричним методом, відобразив результат входження переліку завдань в кожну з груп АВС.

Ретельне планування робіт з визначенням пріоритетності для розподілу ресурсів знижує ризики проектного управління без надлишкових витрат на залучення ресурсів. Описана технологія враховує різні рейтинги (значимість) пріоритетності виконання робіт і, завдяки цьому, є досить ефективною при плануванні.

Ключові слова: план, роботи, ресурси, бізнес-процеси, аналіз, метод АВС, оптимізація.

Постановка проблеми. В умовах конкурентної боротьби підприємств за споживача виникає необхідність ретельно продумувати кожен крок виробничого ланцюга. Для опису виробничих процесів запроваджено використання стандартів серії ISO 9000. Підприємства, що намагаються вийти на більш

широкий ринок збуту, формалізують свою діяльність за допомогою визначених правил і процедур, що описують усі виробничі бізнес-процеси. Та звичайний опис не гарантує якісного виконання всієї послідовності робіт на підприємстві. Для якісної роботи необхідно виконати оцінку кожного бізнес-процесу, провести аналіз важливості використання ресурсів на кожному з етапів, оптимізацію робіт. Лише завдяки такій роботі формалізовані бізнес-процеси будуть дійсно рушійним фактором для управління підприємством. Саме визначення пріоритетності та важливості описаних бізнес-процесів дасть змогу зробити акценти на критичних роботах і зменшити вимоги для менш важливих.

Автоматизація підприємств є ключовим фактором в утриманні позицій компанії на ринку. Саме при оптимізованій та автоматизованій роботі можливе конкурування. Автоматизація — це не просто впровадження готового інфомпакційного рішення, а рутинна робота — від дослідження функцій до промислового використання програмного продукту. Першим етапом таких робіт є опис бізнес-процесів, який доцільно виконати, користуючись готовими стандартами.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Використання стандартів серії ISO 9000, що встановлює вимоги до системи менеджменту якості, забезпечує підприємство регламентованими процедурами всіх етапів його функціонування. Стандарти серії ISO 9000 передбачають, що якість продукції організації закладається на етапах опису регламентів роботи як основних, так і допоміжних процесів. Якщо організація буде свою діяльність правильно, згідно з визначеними у стандартах правилами та принципами, то вона спроможна виробляти якісну продукцію. За інших умов таку спроможність гарантувати неможливо, тому беззаперечна перевага використання таких стандартів доведена багатьма підприємствами як в Україні, так і в цілому світі.

Існує невелика кількість постановок, для яких запропоновано точні методи розв'язання задач розподілу обмежених ресурсів в управлінні проектами [1—3]. Складність задач ще більше зростає, якщо враховувати компетенцію фахівців і важливість кожної окремої функції. Зазначені питання є актуальними і визначають сутність цього дослідження.

Мета статті: дослідити методи, що дають змогу виконати оптимізований розподіл трудових ресурсів для виконання робіт у межах процесного управління. Для впровадження стандартів якості необхідно виконати опис усіх бізнес-процесів. Саме виконання повноцінної ґрунтовної деталізації всіх етапів робіт може бути покладено в основу менеджменту якості, а в подальшому — і в автоматизацію бізнес-процесів підприємства. Тому при описі бізнес-процесів варто керуватись не лише стандартами, а й використовувати методи аналізу якості кожного виробничого чи допоміжного етапу робіт.

Проаналізувати АВС-аналіз, який дає змогу класифікувати бізнес-ресурси компанії залежно від їхньої значущості за принципом Парето. Для АВС-аналізу правило Парето формулюється так: надійний контроль 20% позицій дає змогу на 80% контролювати систему. Дослідити застосування принципу АВС-аналізу при розподілі ресурсів на роботи (процеси), керуючись

потужностями та наявним штатом. Оскільки кожен бізнес-процес складається з множини функцій, на які залучаються чітко визначені ресурси, то постає необхідність в детальному описі таких функцій.

Викладення основних результатів дослідження. ABC-аналіз — це інструмент для визначення частки певних груп у сукупності. Сукупність у своїй структурі і завдяки цьому групуванню стає осяжною та прозорою. Якщо сукупність ресурсів підприємства розподілена на виконання всіх функцій, але ці функції мають різний рівень критичності, то такий розподіл можна представити у вигляді схеми (рис. 1).

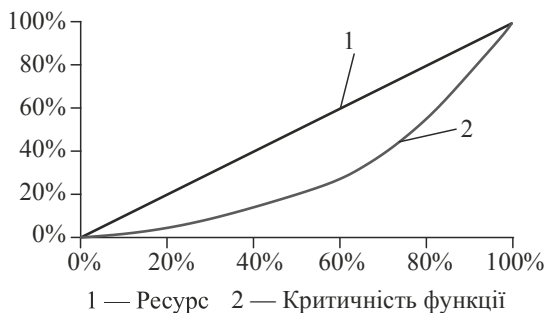


Рис. 1. Схематичний розподіл ресурсів на виконання функцій

За допомогою ABC-аналізу здійснюється класифікація сукупностей відповідно до обраних критеріїв на три групи — А, В або С. Ця класифікація показує одночасно ранговість, що дає змогу виділити основні пункти, які надзвичайно важливі для цілеспрямованих заходів з розподілу ресурсів на виконання функцій.

ABC-аналіз здійснюється на основі певного вимірюваного показника, який характеризує досліджувану функцію бізнес-процесу. На першому кроці значення показника по кожній функції слід відсортувати в порядку спадання та пронумерувати ресурси, що використовуються для реалізації цієї функції. Оскільки пізніше доведеться будувати графік накопичених часток показника на інтервалі номерів ресурсів, рекомендується нормалізувати номери ресурсів, поділивши кожен номер на загальну кількість ресурсів. Після цього для кожної функції розрахувати її частку в сумі значень показника по кожному ресурсу і для кожного ресурсу визначити накопичену частку показника.

Застосуємо ABC-аналіз для розподілу ресурсів на виконання функцій підприємства. Згідно з цим методом уся сукупність ресурсів необхідно розподілити за кожною функцією бізнес-процесу. Перші 10% ресурсів відносять до категорії А, наступні 20% — до категорії В і ті, що залишилися 70%, — до категорії С. Ці показники можуть коливатися і для категорій А, В і С та приблизно становити, відповідно, 70, 20—25 і 5—10%.

З цього випливає, що найбільш потужні ресурси та кваліфіковані кадри необхідно залучати на виконання функцій категорії А. Для цієї категорії ресурсів доцільно створити невеликий набір та альтернативні замітники,

щоб уникнути великих витрат, пов'язаних з відсутністю чи виходу з ладу ресурсів. Якщо ж це людські ресурси, то оперативне перекидання обов'язків на кваліфікованого працівника — заступника відповідної ролі.

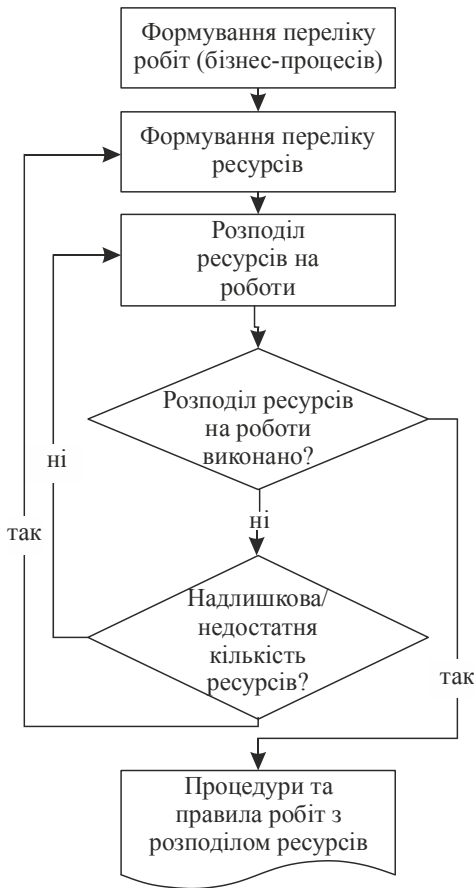


Рис. 2. Алгоритм формування бізнес-процесів

С-завдання займають приблизно 75% часу і забезпечують отримання прибутків підприємства тільки в розрізі 5%. Ці завдання, якщо є можливість, повинні бути делеговані, щоб мати більше часу для вирішення завдань А і частково В. Завдання цього класу, в основному, являють собою щоденні рутинні роботи, які несуттєво впливають на досягнення мети (адміністративно-управлінські роботи і частина робіт з кореспонденцією).

Нехай нормалізований номер ресурсу позначимо x , а функції бізнес-процесів — y . Залежність y від x відображається графічно (рис. 1). Проаналізувавши графік, керівнику проекту, що відповідає за кінцевий результат виконання усіх бізнес-процесів, необхідно самостійно визначити вид кривої $f(x)$, який найбільш точно відбиває залежність y від x , та оцінити її параметри. Іншими словами, побудувати регресійну модель.

Рутинні функції бізнес-процесів характерні для категорії С. Як правило, ці функції чітко регламентовані положеннями, які визначають, виходячи з конкретних умов. На реалізацію цих функцій можуть бути залучені всі наявні ресурси.

Результат АВС-аналізу чітко показує, що необхідно розрізняти А-, В-, С- завдання.

А-завдання — найважливіші, на їх виконання потрібно 5% часу. Значимість їх вкладу в досягнення цілей оцінюється приблизно у 75%. Ці завдання можуть бути виконані, як правило, тільки підприємцем або одним з керівників підприємства. А-завдання комплексні, часто переплітаються з іншими, і їх невиконання або надто пізні виконання викликає великі проблеми.

В-завдання — завдання середньої важливості, які складають приблизно 20% за затратами часу і 20% за значимістю. Виконання цих завдань частіше можна делегувати компетентним працівникам. Підприємцю немає необхідності підтримувати контакти з усіма клієнтами. У нього повинні бути компетентні працівники, яким можна довіряти виконання В-завдань.

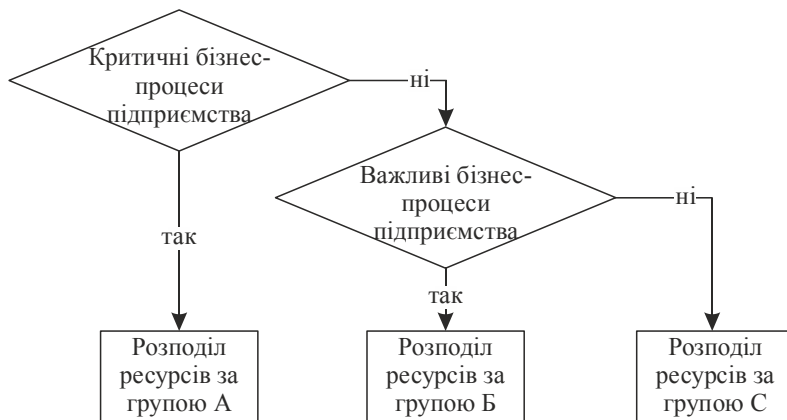


Рис. 3. Алгоритм розподілу ресурсів за принципом ABC

Границею групи ресурсів А буде точка з абсцисою x_0 , через яку проходить дотична до графіка $f(x)$, причому дотична має бути паралельна прямій, яка сполучає кінці кривої $f(x)$.

Точку x_0 можна відшукати як графічним, так і аналітичним методом. Номер останнього за порядком ресурсу, який входить у групу А, визначається множенням x_0 на загальну кількість ресурсів (рознормалізація) й округленням до меншого цілого числа.

Пошук границі групи В здійснюється так само, але без урахування ресурсів з групи А.

Решта ресурсів, що не увійшла в групу В, становить групу С.

Графоаналітична модель ABC-аналізу (рис. 4) являє собою різновид окремого випадку кривої Лоренца з тією відмінністю, що при проведенні ABC-аналізу використовується регресний варіаційний ряд. У результаті графік буде знаходитися вище за діагональну лінію абсолютної рівності і, відповідно, мати вигин вгору.

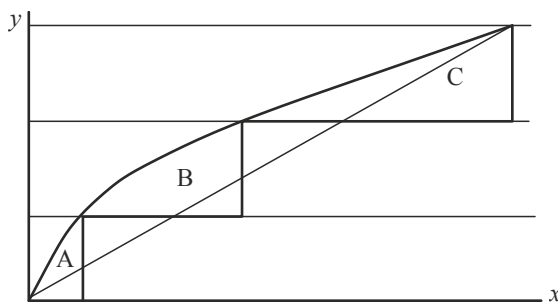


Рис. 4. Графічне представлення результатів ABC-аналізу

По суті, ABC-аналіз дає змогу досліджувати нерівномірність інтенсивності необхідних ресурсів з тих же позицій, що і закон Парето, коли частки ресурсів бізнес-процесів задаються, а частки за чисельністю визначаються.

Основою для прийняття рішень при проведенні функціонально-вартісного аналізу є коефіцієнт залучення ресурсу по окремих функціях (К), який змістов-

но представити у вигляді відношення питомої ваги функції в загальних витратах і важливості функції, яку зручно виразити в частках одиниці, наприклад, на основі застосування рейтингової шкали за методом постійної суми, що дорівнює одиниці:

$$K = \frac{\text{питома вага функції в ресурсах}}{\text{важливість функції}}$$

Чим більший коефіцієнт, тим менш привабливою є ця функція для підприємства. При $K > 1$ слід провести аналіз доцільності використання ресурсів у визначеній кількості на виконання визначеної функції.

Послідовність проведення аналітичного етапу така:

1. Розраховуються частки витрат для кожної функції.
2. Оцінюються частки важливості функцій. Важливість може бути заснована на застосуванні порівняльної рейтингової шкали за методом постійної суми, що дорівнює одиниці або 100.
3. Розраховуються значення коефіцієнта витрат для кожної функції.
4. Функції розташовуються в зростаючий варіаційний ряд за значеннями коефіцієнта витрат, тобто спочатку розташовуються кращі функції за співвідношенням важливості і витрат.
5. Формуються групи А, В і С за часткою важливості функцій з пропорціями, які близькі до прийнятих при проведенні АВС-аналізу.

Розглянемо конкретний випадок етапу розробки електронної системи — узгодження розподілу учасників проектних груп на реалізацію проекту автоматизації. Для реалізації обрано компанію, що займається комплексним впровадженням CRM-систем.

Внесемо види робіт у таблицю, де буде вказано важливість і критичність виконання робіт на проекті.

Таблиця. Розподіл проектних робіт по групах

Функція — Назва роботи	Питома вага функції в ресурсах, грн	Важливість функції	Коефіцієнт залучення	Частка відсотка, %	Група АВС
1	2	3	4	5	6
Проектування структури робіт проекту	2	11	0,18	0,53	А
Опис основних параметрів проекту	5	10	0,5	1,45	А
Призначення ресурсів і витрат на роботи	2	9	0,22	0,64	А
Опис параметрів проекту	2	7	0,29	0,83	Б
Побудова організаційної структури підприємства	1	7	0,14	0,41	Б
Організація джерел фінансування	3	6	0,5	1,45	Б
Визначення структури витрат	3	8	0,38	1,09	Б
Встановлення логічних зв'язків між роботами	2	6	0,33	0,97	Б
Введення фактичних показників виконання робіт	1	4	0,25	0,73	Б

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6
Вибір засобів планування ресурсів і витрат	1	1	1	2,90	С
Побудова організаційної структури виконавців	1	2	0,5	1,45	С
Класифікація структури витрат	2	2	1	2,90	С
Введення фактичних обсягів робіт і використання ресурсів	2	2	1	2,90	С
Порівняння планових і фактичних показників	2	2	1	2,90	С
Ведення списку наявних ресурсів, номенклатури матеріалів і статей витрат	2	3	0,67	1,93	С
Багаторівневе представлення проекту	3	1	3	8,71	С
Підтримка календарів ресурсів	4	1	4	11,61	С
Підтримка календаря проекту	4	1	4	11,61	С
Вибір засобів проектування структури робіт проекту	2	1	2	5,80	С
Календарне планування за обмежених ресурсів	4	2	2	5,80	С
Засоби контролю за ходом виконання проекту	3	2	1,5	4,35	С
Фіксація планових параметрів проекту в базі даних	4	1	4	11,61	С
Прогнозування виконання робіт	3	2	1,5	4,35	С
Графічне подання структури проекту	2	2	1	2,90	С
Створення різних звітів за проектом	3	3	1	2,90	С
Створення звітів, необхідних для планування і контролю проекту (звіти про виконання графіка проекту, різноманітні звіти по ресурсах і витратах тощо)	3	2	1,5	4,35	С
Організації групової роботи	2	2	1	2,90	С

При побудові таблиці необхідно врахувати пріоритет функцій, що характеризують значимість дії для досягнення результативності процесу в цілому. Розрахунок частки кожної позиції в загальному бізнес-процесі розраховується залежно від використання ресурсу на конкретну роботу у співвідношенні до загальної кількості витрат. Сумарно значимість усіх функцій дорівнює 100, як і частка відсотка залучення ресурсів до пріоритету. Такий розподіл виконується емпіричним методом, що дало змогу отримати такі результати:

- група А: 11% функції (3 позиції з 27);
- група В: 22% функції (6 позицій з 27);
- група С: 67% функції (18 позицій з 27).

Висновки

Показано, що використання функціонально-вартісного аналізу виконує функції розподілу ресурсів для реалізації бізнес-процесів підприємства, що проводився за схемою АВС-аналізу. Виявлено основні (А), другорядні (В) і інші функції (С) бізнес-процесів. Показано, що існує об'єктивна послідовність

виконання різних функцій. Ресурси слід витратити насамперед на функції А, потім на функції В, мінімізуючи витрати на виконання функцій С. Мета полягає в тому, щоб відсікти менш потрібні функції й одночасно скоротити витрати на виконання повного циклу управління проектами на підприємстві.

Цей аналіз дає підстави прийняти стратегічні рішення щодо визначення пріоритетів і розподілу ресурсів за пріоритетами. Саме використання цього інструменту для прогнозування залучення необхідних ресурсів, коли ставляться задачі з функціонування підприємства в цілому, розподіляються на окремі бізнес-процеси та виокремлюються одиничні функції, дає змогу визначити залучення кожної одиниці трудового ресурсу на одиницю роботи. Відповідно, стимулюється підвищення якості ресурсів для отримання вищого результату виконання функції як окремо по кожній із функцій, так і загалом усього бізнес-процесу

Неведені результати показують, що є можливість прийняття стратегічних рішень керівництвом компанії. Цей аналіз дуже ефективний у зважених управлінських рішеннях саме при виконанні розподілу при визначенні значимості функцій відносно мінімізації тривіальних функцій, що не відіграють ключові ролі у діяльності компанії. Отже, АВС-аналіз дає змогу керівництву розробляти нові стратегії зниження залучення ресурсів на певні функції та планувати ресурси підприємства з перспективою розвитку інших напрямків діяльності (нові бізнес-процеси) підприємства.

Література

1. Войнаренко М.П., Кузьміна О.М., Янчук Т.В. Інформаційні системи і технології в управлінні організацією: навч. посіб. для студентів ВНЗ, Вінниця, 2015. 496 с.
2. Jack Elzinga D., Thomas R. Gullledge, Chung-Yee Lee, Springer, Science & Business Media, 2012. P. 391.
3. Коротков А.В. Маркетинговые исследования: учебник для бакалавров, М., 2014. 595 с.
4. АВС-анализ. URL: <http://allfi.biz> (дата звернення: 19.10.2018)
5. A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Third Edition (PMBOK Guides). Project Management Institute, 2004. 380 p.
6. Клиффорд Ф. Грей, Эрик У. Ларсон. Управление проектами: Практическое руководство. М., 2007. 608 с.
7. Тарасюк Г.М. Управління проектами. Житомир, 2004. 470 с.
8. Івахів Ю, Спільник І.Метод АВС-аналізу: доцільність застосування. Економічний аналіз. Вип. 3. Тернопіль, 2010. С.170—172
9. Соловьев Б.А. Маркетинг: Учебник. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013.336 с.

LIGNOCELLULOSIC WASTES AS THE FEEDSTOCK FOR BUTANOL PRODUCTION BY CLOSTRIDIA

O. Skrotska, T. Pirog

National University of Food Technologies

S. Skrotzkyi

Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NASU

Key words:

Biofuel
Butanol
Clostridia
Fermentation
Lignocellulosic wastes

Article history:

Received 10.01.2019
Received in revised form
25.01.2019
Accepted 11.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

In recent yeasts microbiologically derived butanol is considered as a promising biofuel. Butanol obtained from renewable and economically efficient substrates could provide an alternative to the traditional fossil fuels. Lignocellulosic materials as the main components of organic wastes of agriculture, wood, paper and food industries and also domestic wastes could become such substrates for butanol production.

As bacteria of the genus *Clostridium* are the best-known butanol producers this review is aimed to summarize recent scientific data on butanol production from lignocellulosic wastes by clostridia. This review provides the summarized information on sources of carbon and energy for microbiological synthesis of butanol. Different methods of hydrolysis and fermentation of lignocellulosic wastes are described. Scientific data on the various methods of feedstock pre-treatment, enzymatic hydrolysis and butanol yields as the result of clostridia cultivation on lignocellulosic wastes are provided. The perspectives of genetically-modified strains of clostridia as butanol producers are discussed, such strains are capable of the simultaneous assimilation of glucose and xylose and produce high levels of butanol from the substrate. The review contains the information on the non-modified strains isolated from nature that possess similar characteristics and can hydrolyze lignocellulosic wastes without preliminary treatment or enzymatic hydrolysis.

Several problems should be solved for the industrial-scale butanol production by clostridia from lignocellulosic wastes. The efficient methods for feedstock pre-treatment should be developed. The butanol yield by known butanol producers could be increased using metabolic and genetic engineering to enable bacterial strains to synthesize cellulytic enzymes, assimilate simultaneously a mixture of carbohydrates, increase the concentration of produced butanol and remove acetone as a by-product. Also the existing technologies could be improved to obtain high butanol yields and develop alternative methods of its separation from fermentation mixture.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-4

ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНІ ВІДХОДИ ЯК СИРОВИНА ДЛЯ СИНТЕЗУ БУТАНОЛУ КЛОСТРИДІЯМИ

О.І. Скроцька, Т.П. Пирог

Національний університет харчових технологій

С.О. Скроцький

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

В останні роки бутанол, отриманий мікробіологічним способом, розглядають як перспективне біопаливо. Бутанол може стати альтернативою викопному паливу у разі його отримання з використанням поновлювальних та економічно вигідних джерел. З цього погляду таким джерелом є лігноцелюлозні матеріали як основні компоненти органічних відходів сільськогосподарського та лісового господарств, целюлозно-паперової, деревообробної та харчової промисловості, а також побутових відходів.

Оскільки для отримання біобутанолу в основному використовують представників роду Clostridium, метою цього огляду є аналіз сучасної наукової літератури щодо отримання бутанолу на лігноцелюлозних відходах з використанням клостридій. У статті узагальнено матеріали про джерела вуглецю та енергії для виробництва бутанолу мікробіологічним способом. Розглянуто різні способи гідролізу та зброджування лігноцелюлозних відходів. Наведено дані наукових досліджень останніх восьми років щодо різних способів попередньої обробки вказаної сировини, ферментативного гідролізу та концентрації бутанолу за культивування клостридій на целюлозовмісних субстратах. Показано можливість використання у біотехнології бутанолу генетично модифікованих клостридій, що здатні до одночасного споживання глюкози і ксилози та зброджування субстрату з високим виходом бутанолу. Наведено дані щодо природних немодифікованих продуцентів, які мають такі ж властивості, а також можуть споживати лігноцелюлозні відходи без попередньої обробки та ферментативного гідролізу.

Для широкомасштабного виробництва біобутанолу за допомогою клостридій з використанням лігноцелюлозних відходів потрібно вирішити ряд проблем. Зокрема, розробити ефективні методи попередньої обробки вихідного субстрату. Застосувавши методи метаболічної і генної інженерії, вдосконалити існуючі продуценти з метою синтезу ними целюлолітичних ферментів, міксотрофного споживання суміші вуглеводів, синтезу великої кількості бутанолу та відсутності ацетону в процесі бродіння як побічного продукту. Також необхідно оптимізувати існуючі технології з метою отримання високого виходу бутанолу та розробити альтернативні способи його виділення.

Ключові слова: біопаливо, бутанол, клостридії, бродіння, лігноцелюлозні відходи.

Постановка проблеми. На сьогодні нафта є одним із найбільш важливих джерел енергії. Проте її запаси не є невичерпними [1], а вартість постійно

коливається. Тому розробка технологій поновлюваного та економічно вигідного біопалива є актуальним завданням сьогодення.

Нині велику увагу дослідників привертає бутанол як носій відновлюваної енергії. Його мікробіологічне виробництво було одним з перших широко-масштабних промислових процесів глобального значення і, незважаючи на 100-літню історію розвитку, інтерес до цього процесу не зменшується як з комерційного, так і з наукового погляду [2]. Порівняно з традиційним етанолом бутанол як біопаливо має ряд переваг — більш високий вміст енергії, низька летючість, негігроскопічність, краща здатність змішуватися з бензином або дизельним паливом, можливість використання у двигунах внутрішнього згоряння без модифікації [3].

Для того, щоб бутанол міг стати альтернативним заміником викопному паливу, необхідно розробити способи його отримання з використанням поновлювальних та економічно вигідних джерел. Найбільш перспективним джерелом є лігноцелюлозні матеріали як основні компоненти органічних відходів сільського та лісового господарств, целюлозно-паперової, дерево-обробної та харчової промисловості, а також побутових відходів. За допомогою процесів біохімічного перетворення лігноцелюлозна сировина може бути розкладена на її складові компоненти, що можуть засвоюватись мікроорганізмами для виробництва біопалива.

Оскільки для отримання біобутанолу в основному використовують представників роду *Clostridium* [4—6], метою цього огляду є аналіз сучасної наукової літератури щодо отримання бутанолу на лігноцелюлозних відходах з використанням клостридій.

Викладення основних результатів дослідження. *Загальна характеристика біобутанолу.* В останні роки бутанол, отриманий мікробіологічним способом, розглядають як альтернативне біоетанолу паливо. Він має вищу температуру кипіння, ніж етанол (табл. 1), тому набагато довше згорає у двигуні. Бутанол майже не викликає корозії металів, тому, на відміну від етанолу, більш придатний до транспортування наявними трубомагістралями. Бутанол можна змішувати з бензином у більшому співвідношенні, ніж з етанолом, оскільки його основні характеристики подібні з бензином. Слід відзначити, що використання бензину, змішаного з бутанолом, призводить до зменшення викидів вихлопних газів [7].

Таблиця 1. Порівняння основних характеристик бензину, бутанолу і етанолу [8]

Показник	Бензин	Бутанол	Етанол
Точка кипіння	27—221	117—118	78
Густина при 20°C, г/мл	0,7-0,8	0,81	0,79
Розчинність у 100 г води	—	—	+
Густина енергії, МДж/л	32	27—29,2	19,6
Вміст енергії/значення, БТО*/галон	115000	110000	84000
Теплота пароутворення, МДж/кг	0,36	0,43	0,92
Теоретичне октанове число	91-99	96	129
Моторне октанове число	81-89	78	102

Примітка: *БТО — британська термічна одиниця.

Незважаючи на переваги використання бутанолу як палива, його мікробіологічне виробництво має деякі недоліки — відносно низький вихід продукту та висока вартість субстрату. Саме тому сучасні дослідження з отримання біобутанолу спрямовані на пошук дешевих субстратів (відходи виробництв, лігноцелюлоза, водорості) та модифікацію продуцентів з метою отримання високого виходу даного продукту.

Джерела вуглецю та енергії для виробництва біобутанолу. Єдиним джерелом вуглецю та енергії для біологічних агентів при виробництві бутанолу є цукри (вуглеводи), зокрема С-5 та С-6 вуглеводи. Джерелами вуглеводів у технології виробництва бутанолу можуть слугувати зернові культури (пшениця, ячмінь, жито), картопля, кукурудза, цукрові буряк та тростина, відходи їхньої переробки (меляса, патока), відходи сільського господарського виробництва, залишки деревини, побутове сміття та водорості [9].

Залежно від цінності джерела вуглецю та часових проміжків використання, субстрати для отримання біобутанолу можна поділити на кілька поколінь.

Джерела вуглецю першого покоління. До них відносять цінні харчові вуглеводи: зернові, крохмалі (пшеничний, рисовий, картопляний тощо), очищені цукри та деякі відходи (меляса, патока тощо). Біобутанол, отриманий з використанням джерел вуглецю першого покоління, синтезується мікроорганізмами при споживанні в основному гексозних цукрів. Їх отримують у результаті гідролізу багатих крохмалем сільськогосподарських культур, таких як кукурудза, пшениця, рис, маніока тощо [10].

Тобто джерела вуглецю першого покоління є ціннішими в господарстві і житті людини, ніж інші. Їх використання при виробництві бутанолу не є економічно вигідним, оскільки існує конфлікт галузей використання: це продукти харчування чи сировина для виробництва?

Джерела вуглецю другого покоління. Сільськогосподарські відходи, залишки деревини, побутове сміття зазвичай називають субстратами для отримання бутанолу другого покоління, оскільки паливо отримують із сировини, яка є неістивним залишком виробництва харчових продуктів або неістивною частиною рослин (качани кукурудзи, солома, тверді та м'які породи деревини). Основним компонентом джерел вуглецю другого покоління є лігноцелюлоза. Вона складається з трьох основних полімерів: целюлози, геміцелюлози і лігніну, які формують фібрилярну структуру. Залежно від типу, виду і походження джерела лігноцелюлози ці полімери містяться в різній кількості (табл. 2).

Таблиця 2. Джерела вуглецю другого покоління [11]

Відходи	Вміст компонентів, %		
	Целюлоза	Геміцелюлоза	Лігнін
1	2	3	4
Трава	25—40	35—50	10—30
Листя	15—20	80—85	0
Качани кукурудзи	45	35	15
Пшенична солома	30	50	15
Гній великої рогатої худоби	1,6—4,7	1,4—3,3	2,7—5,7
Свинячий гній	6	28	—

1	2	3	4
Деревина листяних порід	40—55	24—40	18—25
Деревина хвойних порід	45—50	25—35	25—35
Горіхова шкарлупа	25—30	25—30	30—40
Паперова пульпа	60—70	10—20	5—10
Газети	40—55	25—30	18—30
Папір	85—99	0	0—15

Основною перевагою виробництва бутанолу з використанням джерел вуглецю другого покоління є те, що відсутня конкуренція з харчовим ланцюгом, а також їх доступність і низька вартість. Слід також наголосити, що в Україні активно розвивається сектор тваринництва і птахівництва, утилізація відходів якого є проблемою. При цьому хімічний склад гною тварин і посліду птахів дає змогу провести процес ацето-бутилового бродіння. Зокрема, у [12] показано можливість використання курячого посліду як основного або допоміжного компонента субстрату при вказаному процесі.

Джерела вуглецю третього покоління. У цю групу входять водорості, які нині є одним з перспективних видів сировини для отримання бутанолу. У більшості видів водоростей вміст жирів складає близько 50% [13], що робить їх придатними для виробництва біодизелю. Слід відзначити таку особливість їх хімічного складу — у макроводоростей вміст білків і ліпідів є значно меншим, ніж вуглеводів порівняно з мікроводоростями [14]. Відходи, які залишаються після екстракції олій з водоростей, в подальшому можуть використовуватися для виробництва біобутанолу.

Загальну характеристику джерел вуглецю та енергії для виробництва бутанолу наведено в табл. 3, з даних якої видно, що доцільним субстратом для вказаного процесу на території України є використання саме лігноцелюлозної сировини.

Таблиця 3. Порівняльна характеристика субстратів для виробництва біобутанолу

Покоління	Джерело вуглецю	Переваги	Недоліки
I	Пшениця, ячмінь, жито, кукурудза, картопля	Високий вихід бутанолу, простота технології	Харчова сировина
II	Листя, солома, качани кукурудзи, тирса, макулатура	Наявність відходів у великій кількості	Необхідність попередньої обробки
III	Водорості	Висока швидкість росту, незалежність від пори року	Необхідність наявності акваторій

Особливості використання лігноцелюлози. При використанні джерел вуглецю II покоління для виробництва бутанолу виникає необхідність попередньої обробки сировини для руйнування щільної структури лігноцелюлози та її оцукрювання. Для цього використовують фізичні (подрібнення та перемелювання, дія мікрохвиль та електричного поля), хімічні (кислотний або лужний гідроліз) та біологічні (целюлазні комплекси мікроорганізмів) методи.

Слід зазначити, що у процесі попередньої обробки лігноцелюлозної сировини фізичними чи хімічними методами утворюється велика кількість токсичних сполук, які є інгібіторами мікробної ферментації. Серед них фурфурол, пірогалол, фуранові і фенілові альдегіди, метилбензойні кислоти, гідрохінон, катехін, бензиловий спирт, корична кислота, цинамальдегід, пара- і ортобензохінони, а також кислоти: бензойна, мурашина, левулінова, оцтова, молочна, глюконова, галактарова, глюкуронова, ксилонова та ін. [15]. Тому після попередньої обробки обов'язковим є процес детоксикації для видалення інгібіторів. Вказані процеси підвищують вартість отриманого біобутанолу. Саме тому біологічні методи обробки з використанням целюлазних комплексів бактерій мають беззаперечні переваги при отриманні бутанолу із лігноцелюлозної сировини.

Оскільки для виробництва біобутанолу в основному використовують бактерії роду *Clostridium*, розглянемо особливості функціонування їх целюлолітичних ферментів. Клострідії продукують різні целюлолітичні ферменти, які на поверхні клітини формують складні мультибілкові структури, що отримали назву целюлососоми. Їх вперше виявили у *Clostridium thermocellum*, досліджуючи фактори адгезії бактерій з целюлозою. Залежно від штаму й умов росту целюлососоми *C. thermocellum* мають молекулярну масу від 2,0 до $6,5 \cdot 10^6$ і складаються з 14—26 поліпептидних субодиниць. За допомогою целюлососоми *C. thermocellum* прикріплюється до целюлози. Ферментний комплекс целюлосоми, що включає понад 20 ферментів (ендоглюканазі, целлобіогідролазі, ксиланазі та ін.), розкладає целюлозу до глюкози і целюлодекстринів з подальшим транспортуванням всередину клітини. Ефективність целюлососом залежить від їх структурної цілісності, оскільки навіть частково дисоційовані комплекси призводять до значної втрати активності, особливо щодо кристалічних форм целюлози [16].

Гідроліз та зброджування целюлозовмісної сировини може здійснюватися різними шляхами, які відрізняються між собою організаційно, а також у просторі й часі. Головні процеси переробки обробленої лігноцелюлози в бутанол мають декілька конфігурацій реалізації: 1 — окреме оцукрювання і зброджування вуглеводів; 2 — одночасне оцукрювання і зброджування вуглеводів; 3 — об'єднаний метод [17]. Узагальнена схема даних процесів наведена на рис. 1.

При окремому оцукрюванні та зброджуванні вуглеводів виділяють такі етапи: попередня обробка сировини для руйнування щільної структури лігноцелюлози, внесення целюлолітичних ферментів, гідроліз полісахаридів, зброджування вуглеводів, виділення бутанолу [18]. Перевагою цього методу є можливість керування вказаними етапами. Серед недоліків виділяють такі: всі процеси відбуваються в окремих апаратах, що збільшує технологічні витрати на виробництво; можливе ретроінгібування ферментативної активності целюлаз утвореними олігомерами, що призводить до меншого виходу цукрів з лігноцелюлозного субстрату.

Одночасне оцукрювання і зброджування вуглеводів включає наведені вище етапи, але гідроліз полісахаридів із додаванням ферментів та бродіння здійснюють в одній ємкості, не розділяючи ці процеси на окремі стадії [19]. Цей спосіб має такі переваги: нижчі витрати на процес, менша кількість фер-

ментів, ніж при окремому оцукрюванні та зброджуванні вуглеводів, менша тривалість процесу. Недоліком методу є висока вартість целюлаз, які використовують для ферментативного гідролізу.

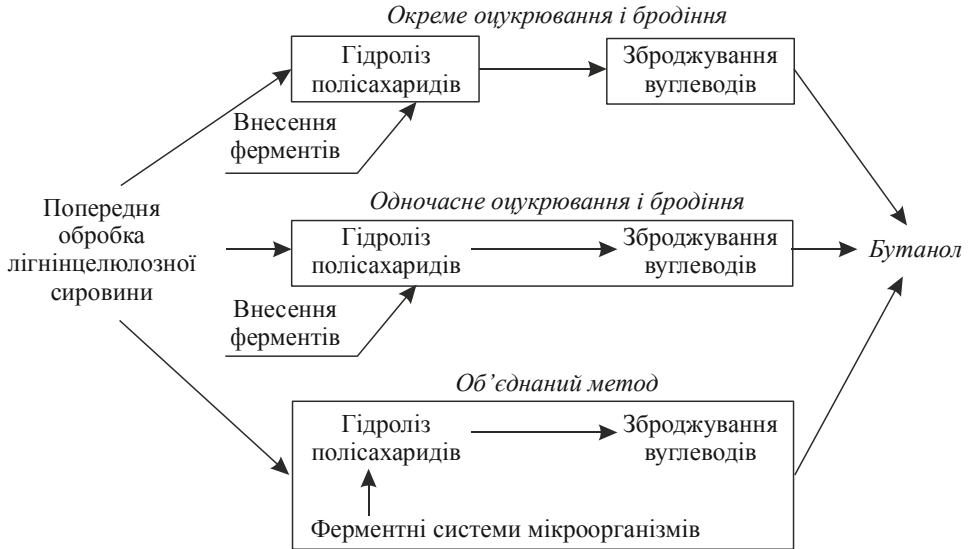


Рис. 1. Способи біопереробки лігноцелюлозної сировини

При об'єднаному (консолідованому) методі виробництва біобутанолу виділяють ті ж самі етапи, що вказані вище, але споживання целюлози відбувається за участі ферментних систем мікроорганізмів-продуцентів. Такий підхід знаходиться на ранній стадії розробки, але характеризується значними перевагами, порівняно з попередніми. Цей метод об'єднує всі процеси, які обмежують швидкість, попередню обробку, оцукрювання і бродіння в одному ферментері, що призводить до зменшення експлуатаційних витрат, підвищення ефективності конверсії і зниження інгібування побічних продуктів. Зазвичай, при застосуванні цього методу виробництва бутанолу використовують модифіковані продуценти [20].

Біотехнологія бутанолу із лігноцелюлозних відходів. Нині для отримання біобутанолу, зазвичай, використовують представників роду *Clostridium* (*C. acetobutylicum*, *C. beijerinckii* та ін.). Цим мікроорганізмам притаманні такі загальні особливості: здатність до споживання широкого спектра С-5- та С-6-вуглеводів, бродильний тип метаболізму, більшість із них є природними целюлозолітиками.

Також слід відзначити той факт, що не всі кластридії експресують целюлозосоми, однак у всіх видів цих мікроорганізмів наявні гени, що їх кодуєть. Зокрема в *C. acetobutylicum* виявлено 11 генів, що кодуєть целюлази. Відсутність експресії целюлозосом обумовлена еволюційним нокаутом відповідних генів [21].

Окреме оцукрювання і зброджування вуглеводів. У праці Qureshi із співавт. розглянуто можливість використання *C. beijerinckii* P260 як продуцента бутанолу на відходах сільськогосподарського виробництва. Як джерело вуглецю

використовували залишки після збирання та обробки кукурудзи: стебла, листя і качани. Попередню обробку лігноцелюлозного субстрату здійснювали сірчаною кислотою, а ферментативний гідроліз — з використанням целюлази (Celluclast 1.5 L), β -глюкозидази (Novozyme 188) і ксиланази (Viscostar 150L). Для видалення інгібіторів ацетоно-бутилового бродіння гідролізат обробляли гідрокарбонатом кальцію. При використанні необробленого гідролізату не спостерігали росту культури і бродіння, а при використанні обробленого — вдалось отримати бутанол у концентрації 14,5 г/л [22].

Природні джерела лігноцелюлози, серед яких — деревина сосни (*Pinus banksiana*), трава (*Phleum pratense*) та солома пшениці були використані у дослідженні Nanda із співавт. Для попередньої обробки субстратів використовували сірчану кислоту, а для ферментативного гідролізу — целюлазу (Celluclast 1.5 L), β -глюкозидазу (Novozyme 188) та ксиланазу (Xylanase 1). За результатами культивування *C. beijerinckii* B-592 найкращий результат був одержаний на середовищі із гідролізатом сосни — 11,6 г/л бутанолу [23].

Yu із співавт. здійснили генетичну модифікацію *C. tyrobutyricum*. Із *C. acetobutylicum* ATCC 824 були виділені гени, які відповідають за транспорт та утилізацію ксилози (*xylT*, *xylA*, *xylB*). Їх конститутивно коекспресували з геном *adhE2* (кодує NADH-залежну альдегід/алкогольдегідрогеназу), який відповідає за синтез бутанолу у *C. tyrobutyricum*. Авторами досліджено можливість використання лушпиння сої як лігноцелюлозного субстрату. Сировину обробляли соляною кислотою. Ферментативний гідроліз здійснювали целюлазами (Cellic® CTec2), а детоксикацію — активованим вугіллям. Модифіковані клітини *C. tyrobutyricum* (Δ ack)-pTVA набули здатності до одночасного споживання глюкози і ксилози, що наявна у гідролізаті лушпиння сої і, як результат, отримано бутанол у досить високій концентрації — 15,7 г/л [24].

Китайські вчені досліджували можливість використання стебел топінамбура для виробництва бутанолу. Розроблена технологія передбачала їх обробку сумішшю 2% NaOH — 6% H₂O₂, після чого здійснювали гідроліз целюлазами. Використовуючи *C. beijerinckii* CC101, в процесі бродіння отримано бутанол у концентрації 11,8 г/л за 60 год культивування. Слід зазначити, що при розробленій біотехнології значно зменшуються викиди стічних вод у процесі попередньої обробки сировини [25].

У наступному дослідженні Qureshi із співавт. як субстрат використали макуху з насіння *Physaria fendleri*. Рослина належить до родини гірчичних, з насіння якої отримують нехарчову олію. Її використовують як інгібітор корозії, а також при виробництві смоли, воску, нейлону, пластмаси і косметичних засобів. Макуху обробляли сірчаною кислотою. Для ферментативного гідролізу використовували гідролітичні ферменти: целюлазу, β -глюкозидазу і ксиланазу. За культивування *C. beijerinckii* P260 із 100 г макухи отримали 11 г бутанолу. Загальна концентрація розчинників (АБЕ) у культуральній рідині становила 19,2 г/л. Слід зазначити, що в контрольному експерименті при використанні глюкози як основного джерела вуглецю концентрація АБЕ була на 3% нижчою, а тривалість процесу на 5 год більшою [26].

Органічну фракцію твердих побутових відходів з вмістом лігноцелюлозних компонентів 20% використали як джерело для отримання біобутанолу Farmanbordar з колегами. Вказана сировина містить фенольні сполуки, особливо таніни, які інгібують процес АБЕ бродіння клостридіями. Автори запропонували здійснювати їх екстракцію етанолом, після попередньої обробки сировини сірчаною кислотою. Для ферментативного гідролізу обрали целюлази (Cellic® CTec2) та геміцелюлази (Cellic® HTec2). За 96 год культивування *C. acetobutylicum* NRRL B-591 концентрація бутанолу становила 10 г/л. Таким чином з кілограма відходів вдалось отримати 84 г бутанолу [27].

Як субстрат для АБЕ бродіння Khedkar із співавт. використали ананасові шкірки. Розроблений ними спосіб попередньої обробки сировини передбачав кислотний гідроліз з використанням суміші фенолу і сірчаної кислоти. Отриманий після цього твердий залишок піддавали ферментативному гідролізу з використанням ферментів Cellic® CTec2. Далі об'єднували вказані гідролізати і здійснювали культивування. Використовуючи *C. acetobutylicum* NRRL B 527, отримали бутанол у досить малій кількості — 5 г/л [28].

У праці Borah із співавт. як субстрат взято суміш восьми різних бур'янів (*Arundo donax*, *Chromolaena odorata*, *Eichhornia crassipes*, *Ipomea carnea*, *Lantana camara*, *Mikania micrantha*, *Parthenium hysterophorus*, *Saccharum spontaneum*). Сировину піддавали кислотному гідролізу з використанням сірчаної кислоти з подальшим ферментативним гідролізом за допомогою целюлази та β -глюкозидази. Запропонована авторами технологія передбачала застосування ультразвуку упродовж усього часу культивування з такими параметрами 10-хвилинного циклу: 1хв ультразвук, 9 хв перемішування. За культивування *C. acetobutylicum* 11274 отримали бутанол у концентрації 9,1 г/л. Зазначимо, що з 1 кг сирової маси бур'янів було отримано 288 г розчинників АБЕ [29].

Одночасне оцукрювання і зброджування вуглеводів. Ibrahim із колегами використали пресовані пусті залишки пальмових фруктів як джерело вуглецю для культивування *C. acetobutylicum* ATCC 824. Попередню обробку сировини здійснювали гідроксидом натрію. Ферментацію та гідроліз з використанням целюлази (Celluclast 1.5 L) проводили одночасно в одній ємкості. Наприкінці бродіння концентрація бутанолу була досить низькою і становила близько 3 г/л [30].

Кукурудзяна солома як субстрат для отримання бутанолу була використана Li із співавт. Як метод попередньої обробки був використаний паровий вибух, після чого соломі промивали дистильованою водою для видалення інгібіторів бродіння. Ферментативний гідроліз здійснювали з використанням целюлази (Cellic® CTec2). Авторами запропоновано методику періодичної системи перистальтики, яка була розроблена відповідно до принципу травлення в рубці жуйних тварин. За допомогою вертикальних розтягувальних рухів металевий зонд створював перистальтичний тиск 0,15 МПа з частотою 6 год упродовж перших 48 годин. Далі відбувалась статична ферментація. За культивування *C. acetobutylicum* ATCC 824 отримано бутанол у концентрації 10,4 г/л [31].

Науковий і практичний інтерес має дослідження, де автори для отримання бутанолу використали тверді відходи целюлозно-паперової промисловості —

шлам крафт-паперу. Попередню обробку субстрату не здійснювали, а ферментативний гідроліз проводили з використанням Cellic® CTec2 упродовж 12 год з подальшим внесенням *C. acetobutylicum* ATCC 824. При додаванні у поживне середовище 7,4% зневодненого паперового шламу отримали 10,2 г/л бутанолу. Паперовий шлам містить карбонат кальцію (CaCO_3), який активує NAD(P)H-залежні бутиральдегіди і бутанолдегідрогенази, що значно збільшує вихід бутанолу в процесі одночасного оцукрювання та ферментації. Контроль рН є критичною проблемою при виробництві бутанолу *C. Acetobutylicum*, тому, враховуючи також і буферні властивості CaCO_3 , автори висувають припущення, що глюкан і ксилан паперового шламу можуть бути перероблені у бутанол без контролю рН [32].

Тайванськими вченими досліджено можливість використання слонової трави (*Pennisetum purpureum*, Napier grass) як джерела вуглецю при виробництві біобутанолу. У цій траві загальний вміст вуглеводів близько 54%, що робить її потенційним вуглецевим субстратом. Для розчинення лігніну сухий порошок слонової трави попередньо обробляли гідроксидом натрію. Ферментативний гідроліз здійснювали з використанням целюлазного комплексу (Cellic® CTec2) упродовж 24 год з подальшим внесенням інокуляту *C. acetobutylicum* ATCC 824. У процесі бродіння отримали бутанол у кількості 9,5 г/л [33].

Як субстрат для отримання бутанолу Farmanbordar із співавт. використали органічну фракцію твердих побутових відходів іранського міста Ісфахан. Фракція містила 20% лігноцелюлози. Попередню обробку вказаної фракції здійснювали етанолом та сірчаною кислотою. Ферментативний гідроліз проводили з використанням целюлази (Cellic® CTec2) і геміцелюлази (Cellic® HTec2). Використовуючи *C. acetobutylicum* NRRL B-591, за 96 год культивування було отримано 8,6 г/л бутанолу. Розроблена авторами технологія передбачала отримання 102,4 г бутанолу з кожного кілограма органічної фракції твердих побутових відходів [34].

Об'єднаний метод. Технологію виділення бутанолу з використанням вакууму в процесі культивування запропонував Qureshi із співавт. Як субстрат використовували стебла, листя та качани кукурудзи — залишки після її збору та обробки. Їх подрібнювали і здійснювали попередню обробку сірчаною кислотою. Концентрація обробленого й освітленого гідроксидом кальцію субстрату становила 86 г/л. У процесі бродіння з використанням *C. beijerinckii* P260 отримали 11,6 г/л бутанолу, який почали виділяти, не зупиняючи процес, через 35 год культивування [35].

Можливість використання лігноцелюлозної сировини без попередньої обробки досліджували Rajagoralan із співавт. На середовищі з подрібненими рисовими висівками (94,5 г/л) та кунжутною макухою (36,7 г/л) отримали 13,5 г/л бутанолу за культивування *Clostridium* sp. ВОНЗ. Сольвентогенні клостридії через недостатню експресію гідролізуючих ферментів не можуть споживати лігноцелюлозну біомасу без попередньої обробки. Автори вперше показали можливість використання таких бактерій для прямої ферментації відходів сільськогосподарського виробництва, оскільки природні *Clostridium* sp. ВОНЗ синтезують целюлазу, ксиланазу і амілазу [36]. Слід зазначити, що штам ВОНЗ також здатний до одночасного споживання глюкози і ксилози [37].

У праці Li та He досліджено можливість використання природного мезофільного штаму *Clostridium* sp. MF28 для отримання бутанолу з використанням як джерела вуглецю трави (*Panicum virgatum*), кукурудзяних качанів і деревини листяних порід. Концентрація бутанолу (г/л) на цих субстратах становила 0,9, 1,0 та 1,5 відповідно. При цьому, використовуючи ксилан (група геміцелюлоз) як джерело вуглецю, вдалось отримати бутанол у кількості 3,2 г/л. Для імітації складу гідролізату лігноцелюлозної маси штаму MF28 вирощували на середовищі із глюкозою, ксилозою та арабінозою. Концентрація бутанолу при цьому становила 12 г/л. Незважаючи на низьку кількість бутанолу на природних субстратах, плюсами такої технології є використанням лігноцелюлозної біомаси без її попередньої хімічної обробки та без додавання целюлазних ферментів. Серед переваг використання штаму MF28 можна виділити відсутність споруляції, здатність до одночасного споживання глюкози, ксилози й арабінози, а також відсутність таких продуктів бродіння, як ацетону й етанолу [38].

З ґрунту на пасовищах китайської провінції Шаньдун Xin з колегами виділили *C. pasteurianum* GL11. Встановлено, що цей штаму продукує целюлази, ксиланазу та амілазу. Використовуючи ксилан з берези (60 г/л), вказані клостридії синтезують 1,5 г/л бутанолу, а етанолу — у 3,5 раза більше. Цікаво, що при використанні крохмалю (60 г/л) як субстрату штаму GL11 синтезує 5 г/л бутанолу, а етанолу — у 8 разів менше [39].

Xin із співавт. з ґрунту виділили *Clostridium* sp. NJP7. Штаму клостридій — це вперше виділені природні бактерії, які характеризуються здатністю до прямого споживання ксилану та синтезу бутанолу за ферментативним шляхом ацетон-ізопропанол-бутанол. Виявивши, що ксиланазу *Clostridium* sp. NJP7 зберігає 90% активності при 55°C упродовж години, автори розробили технологію зі зміщенням температури. Для ефективного гідролізу ксилану через 24 год культивування температуру з 35°C підвищували до 55°C і витримували 24 год. Потім температуру понижували до 35°C і вносили свіжу культуру *Clostridium* sp. NJP7. За концентрації ксилану берези 60 г/л вдалось отримати 2,1 г/л бутанолу. Також автори запропонували спосіб екстрагування бутанолу та ізопропанолу *in situ* із використанням біодизелю, за якого на середовищі з глюкозою отримали 25,6 г/л бутанолу [40].

Застосувавши багатофакторну модульну метаболічну інженерію, Wen із співавт. створили подвійний консорціум клостридій (*C. cellulovorans* DSM 743B, *C. beijerinckii* NCIMB 8052) для синтезу бутанолу на лігноцелюлозному субстраті. Для целюлолітичного штаму DSM 743B розроблена генетична система передбачала зміни за двома модулями: I — посилення вуглецевого потоку у напрямку синтезу бутирату, II — перенаправлення NADH у бік синтезу бутирату й етанолу. Для штаму NCIMB 8052, що здатен синтезувати розчинники АБЕ, розроблено зміни за такими модулями: III — реасиміляція органічних кислот, IV — утилізація ксилози. Як джерело вуглецю використовували кукурудзяні качани, які обробляли гідроксидом натрію. Вказаний консорціум розкладає 83,2 г/л попередньо оброблених кукурудзяних качанів і синтезує 11,5 г/л бутанолу [41].

Zhang із колегами як субстрат використали деревину гібридної тополі (*Populus*). Попередню обробку лігноцелюлозної сировини здійснювали сірчаною кислотою. Отриманий прегідролізат освітлювали гідрокарбонатом кальцію з подальшою детоксикацією активованим вугіллям. Культивуючи *S. saccharobutylicum* ВАА-117 на середовищі із субстратом, що пройшов таку обробку, отримали бутанол у концентрації 13 г/л. Автори також досліджували можливість використання необробленого, лише освітленого або лише детоксифікованого прегідролізату. При цьому зброджування вуглеводів не спостерігали [42].

Як лігноцелюлозну сировину в наступному дослідженні було використано деревину сосни. Її попередню обробку здійснювали етанолом. Автори (Li із колегами) запропонували двоетапний спосіб детоксикації прегідролізату із застосуванням гідроксиду кальцію (I етап: 25°C, 30 хв) та аніонної смоли Dowex 1X4 (II етап: 25°C, 1 год). У результаті АБЕ бродіння з використанням *S. acetobutylicum* ATCC 824 було отримано лише 7,5 г/л бутанолу [43].

Порівняно з мезофільними продуцентами, що були розглянуті вище, перевагою використання *S. thermocellum* є здатність рости при вищих температурах (50—60°C), що сприяє розкладанню целюлози і знижує імовірність інфікування сторонніми мікроорганізмами. Lin із співавт. створили генетично модифіковані кластриди *S. thermocellum* СТ24 з інтегрованими у бактеріальну хромосому генами кетокислотного шляху біосинтезу ізобутанолу (*kivd*, *ilvBN*, *ilvC*, *ilvD*). Штам СТ24 вирощували на середовищі з концентрацією целюлози 80 г/л при 50°C, але концентрація ізобутанолу при цьому була досить низькою і становила 5,4 г/л [44].

Узагальнена інформація щодо вказаних вище штамів кластридів наведена у табл. 4.

Таблиця 4. Синтез органічних розчинників кластридіями на основі лігноцелюлозної сировини

Продуцент	Вихідна сировина	Метод попередньої обробки сировини (параметри)	Концентрація бутанолу, г/л	Загальна концентрація розчинників (АБЕ), г/л	Тривалість культивування, год	Джерело
1	2	3	4	5	6	7
<i>Окреме оцукрювання і зброджування вуглеводів</i>						
<i>S. acetobutylicum</i> NRRL B 527	Шкірки ананасу	Фенольно-кислотний гідроліз (автоклавування — 180°C, 10 хв)	5,2	9,3	120	[28]
<i>S. acetobutylicum</i> 11274	Бур'яни	Кислотний гідроліз (автоклавування — 121°C, 15 хв)	9,1	16,5	92	[29]
<i>S. acetobutylicum</i> NRRL B-591	Органічна фракція твердих побутових відходів	Кислотний гідроліз (автоклавування — 140°C, 60 хв)	10,1	17	96	[27]

1	2	3	4	5	6	7
<i>C. beijerinckii</i> P260	Макуха з насіння <i>Physaria fendleri</i>	Кислотний гідроліз (автоклавування — 121°C, 1 год)	11,1	19,2	40	[26]
<i>C. beijerinckii</i> B-592	Деревина сосни	Кислотний гідроліз (витримка — 1 год; автоклавування — 121 °C, 1 год)	11,6	18,5	60	[23]
<i>C. beijerinckii</i> CC101	Стебла топінамбура	Гідроліз сумішшю лугу та пероксиду водню (автоклавування — 121°C, 1 год)	11,8	17,6	60	[25]
<i>C. beijerinckii</i> P260	Стебла, листя і качани кукурудзи	Кислотний гідроліз (автоклавування — 160°C, 20 хв)	14,5	26,3	85	[22]
<i>C. tyrobutyricum</i> (Dack)-pTBA	Лушпиння сої	Кислотний гідроліз (автоклавування — 121°C, 30 хв)	15,7	27	54	[24]
<i>Однчасне оцукрювання та зброджування вуглеводів</i>						
<i>C. acetobutylicum</i> ATCC 824	Пусті залишки пальмових фруктів	Лужний гідроліз (витримка — 4 год; автоклавування — 121°C, 5 хв)	2,8	4,7	96	[30]
<i>C. acetobutylicum</i> NRRL B-591	Органічна фракція твердих побутових відходів	Спиртово-кислотний гідроліз (автоклавування — 120°C, 30 хв)	8,6	13,1	96	[34]
<i>C. acetobutylicum</i> ATCC 824	Слонова трава	Лужний гідроліз (автоклавування — 121 °C, 40 хв)	9,5	15,8	96	[33]
<i>C. acetobutylicum</i> ATCC 824	Шлам крафт-паперу	Без обробки	10,2	18	120	[32]
<i>C. acetobutylicum</i> ATCC 824	Кукурудзяна солома	Паровий вибух (автоклавування — 1,5 МПа, 5 хв)	10,4	17,1	84	[31]
<i>Об'єднаний метод</i>						
<i>Clostridium</i> sp. MF28*	Деревина листяних порід	Без обробки	1,5	*	20 діб	[38]
<i>C. pasteurianum</i> GL11**	Ксилан берези	—	1,5	6,6**	144	[39]
<i>Clostridium</i> sp. NJP7***	Ксилан берези	—	2,1	5,8***	144	[40]
<i>C. thermocellum</i> CT24****	Целюлоза	—	5,4	9,4****	75	[44]
<i>C. acetobutylicum</i> ATCC 824	Деревина сосни	Спиртовий гідроліз (витримка — 12 год; автоклавування — 170°C, 1 год)	7,5	11,1	72	[43]

1	2	3	4	5	6	7
Консорціум <i>C. cellulovorans</i> DSM 743B + <i>C. beijerinckii</i> NCIMB 8052	Кукурудзяні качани	Лужний гідроліз (автоклавування — 121°C, 20 хв)	11,5	22,1	108	[41]
<i>C. beijerinckii</i> P260	Стебла, листя і качани кукурудзи	Кислотний гідроліз (автоклавування — 160°C, 20 хв)	11,6	20,8	70	[35]
<i>C.</i> <i>saccharobutylicum</i> BAA-117	Деревина тополі	Кислотний гідроліз (витримка — 12 год; автоклавування — 160°C, 1 год)	13,4	21,3	96	[42]
<i>Clostridium</i> sp. ВОНЗ	Рисові висівки і кунжутна макуха	Без обробки	13,5	нв	7 діб	[36]

Примітка: АБЕ — ацетон-бутанол-етанол; * — штам не продукує ацетон і етанол; ** — штам не продукує ацетон, продукує бутанол і етанол; *** — штам синтезує ізопропанол, бутанол, етанол; **** — штам синтезує ізобутанол, не синтезує ацетон; нв — не визначали ацетон та етанол.

Як видно з даних, що наведені у табл. 4, досить перспективними продуцентами бутанолу для подальшого вивчення є *C. beijerinckii* P260, *C. tyrobutyricum* (Dack)-рТВА, *C. saccharobutylicum* BAA-117, *C. acetobutylicum* ATCC 824 та *Clostridium* sp. ВОНЗ. Також слід зазначити, що штами (Dack)-рТВА та ВОНЗ здатні до одночасного споживання глюкози і ксилози, при цьому штам ВОНЗ є природним немодифікованим продуцентом. Також перевагою *Clostridium* sp. ВОНЗ є здатність споживати лігноцелюлозну сировину без попередньої обробки та ферментативного гідролізу. Такі ж властивості притаманні штаму MF28, але недоліком його використання є низька концентрація бутанолу та досить тривалий час культивування.

Висновки

Широкомасштабне виробництво біобутанолу на основі лігноцелюлозних відходів передбачає вирішення ряду проблем. По-перше, розробка ефективних методів попередньої обробки вихідного субстрату. По-друге, одержання сольвентогенних штамів кластридій, здатних до синтезу целюлолітичних ферментів, міксотрофного споживання суміші вуглеводів і переважного синтезу бутанолу без побічних продуктів. По-третє, розробка технологій, що забезпечують високу концентрацію бутанолу на лігноцелюлозних субстратах.

Література

1. Sorrell S., Speirs J., Bentley R., Brandt A., Miller R. Global oil depletion: A review of the evidence. *Energy Policy*. 2010, 38(9): 5290—5295. doi: 10.1016/j.enpol.2010.04.046.
2. Sauer M. Industrial production of acetone and butanol by fermentation – 100 years later. *FEMS Microbiol. Lett.* 2016, 363(13). doi: 10.1093/femsle/fnw134.

3. Lapuerta M., Ballesteros R., Barba J. Strategies to introduce n-butanol in gasoline blends. *Sustainability*. 2017, 9(4). doi: 10.3390/su9040589.
4. Tomita H., Okazaki F., Tamaru Y. Direct IBE fermentation from mandarin orange wastes by combination of *Clostridium cellulovorans* and *Clostridium beijerinckii*. *AMB Express*. 2019, 9(1). doi: 10.1186/s13568-018-0728-7.
5. Al-Shorgani N.K.N., Shukor H., Abdeshahian P., Kalil M.S., Yusoff W.M.W., Hamid A.A. Enhanced butanol production by optimization of medium parameters using *Clostridium acetobutylicum* YM1. *Saudi J. Biol. Sci.* 2018, 25 (7): 1308—1321. doi: 10.1016/j.sjbs.2016.02.017.
6. Shanmugam S., Sun C., Zeng X., Wu Y.R. High-efficient production of biobutanol by a novel *Clostridium* sp. strain WST with uncontrolled pH strategy. *Bioresour. Technol.* 2018, 256: 543—547. doi: 10.1016/j.biortech.2018.02.077.
7. Elfakhany A. Experimental study on emissions and performance of an internal combustion engine fueled with gasoline and gasoline/n-butanol blends. *Energy Convers. Manag.* 2014, 88: 277—283. doi: 10.1016/j.enconman.2014.08.031.
8. Tiginova O.A., Shulga S.M., Blume Y.B. Biobutanol as an alternative type of fuel. *Cytol. Genet.* 2013, 47(6): 366—382. doi: 10.3103/S0095452713060042.
9. Blaschek H.P., Ezeji T.C., Scheffran J. Biofuels from agricultural wastes and byproducts. Blackwell Publishing. 2010. 265 p.
10. Ndaba B., Chiyanzu S., Marx I. n-Butanol derived from biochemical and chemical routes: a review. *Biotechnol. Reports*. 2015, 8: 1—9. doi: 10.1016/j.btre.2015.08.001.
11. Verardi A., De Bari I., Ricca E., Calabro V. Hydrolysis of lignocellulosic biomass: current status of processes and technologies and future perspectives. In *Bioethanol*. InTech. 2012: 95—122.
12. Скроцький С.О. Органовмісні відходи виробництва як субстрати для біосинтезу бутанолу бактеріями роду *Clostridium*. *Наукові праці НУХТ*. 2018, 24(2): 34—43. doi: 10.24263/2225-2924-2018-24-2-6.
13. Ullah K., Ahmad M., Sharma V.K., Lu P., Harvey A., Zafar M., Sultana S. Assessing the potential of algal biomass opportunities for bioenergy industry: a review. *Fuel*. 2015, 143: 414—423. doi: 10.1016/j.fuel.2014.10.064.
14. Monlau F., Sambusiti C., Barakat A., Quemeneur M., Trably E., Steyer J.P., Carrere H. Do furanic and phenolic compounds of lignocellulosic and algae biomass hydrolyzate inhibit anaerobic mixed cultures? A comprehensive review. *Biotechnol. Adv.* 2014, 32: 934-951. doi: 10.1016/j.biotechadv.2014.04.007.
15. Jonsson L.J., Martin C. Pretreatment of lignocellulose: formation of inhibitory by-products and strategies for minimizing their effects. *Bioresour. Technol.* 2016, 199: 103-112. doi: 10.1016/j.biortech.2015.10.009.
16. Mbaneme-Smith V., Chinn M.S. Consolidated bioprocessing for biofuel production: recent advances. *Energy Emiss. Control Technol.* 2015, 3: 23—44. doi: 10.2147/EECT.S63000.
17. Jouzani G.S., Taherzadeh M.J. Advances in consolidated bioprocessing systems for bioethanol and butanol production from biomass: a comprehensive review. *Biofuel Res. J.* 2015, 5: 152—195. doi: 10.18331/BRJ2015.2.1.4.
18. Cheng C.-L., Che P.-Y., Chen B.-Y., Lee W.-J., Lin C.-Y., Chang J.-S. Biobutanol production from agricultural waste by an acclimated mixed bacterial microflora. *Appl. Energy*. 2012, 100: 3—9. doi: 10.1016/j.apenergy.2012.05.042.
19. Amiri H., Karimi K. Pretreatment and hydrolysis of lignocellulosic wastes for butanol production: challenges and perspectives. *Bioresour. Technol.* 2018, 270: 702—721. doi: 10.1016/j.biortech.2018.08.117.
20. Xin F., Dong W., Zhang W., Ma J., Jiang M. Biobutanol production from crystalline cellulose through consolidated bioprocessing. *Trends Biotechnol.* 2018. doi: 10.1016/j.tibtech.2018.08.007.
21. Tamaru Y., Lypez-Contreras A.M. Cellulose — Biomass Conversion: Chapter 6 — Lignocellulosic biomass utilization toward biorefinery using mesophilic clostridial species. InTech. 2013: 131—144. doi: 10.5772/56480.

22. Qureshi N., Saha B.C., Hector R.E., Dien B., Hughes S., Liu S. Iten L., Bowman M.J., Sarath G., Cotta M.A. Production of butanol (a biofuel) from agricultural residues: Part II — Use of corn stover and switchgrass hydrolysates. *Biomass Bioenergy*. 2010, 34: 566—571. doi: 10.1016/j.biombioe.2009.12.023.
23. Nanda S., Dalai A.K., Kozinski J.A. Butanol and ethanol production from lignocellulosic feedstock: biomass pretreatment and bioconversion. *Energy Sci. Eng.* 2014, 2(3): 138—148. doi: 10.1002/ESE3.41.
24. Yu L., Xu M., Tang I-C., Yang S.-T. Metabolic engineering of *Clostridium tyrobutyricum* for n-butanol production through co-utilization of glucose and xylose. *Biotechnol. Bioeng.* 2015, 112 (10): 2134—2141. doi: 10.1002/bit.25613.
25. Xue C., Zhang X.T., Wang J.F., Xiao M., Chen L.J., Bai F.W. The advanced strategy for enhancing biobutanol production and high-efficient product recovery with reduced wastewater generation. *Biotechnol. Biofuels*. 2017, 10. doi: 10.1186/s13068-017-0836-7.
26. Qureshi N., Harry-O'kuru R., Liu S., Saha B. Yellow Top (*Physaria fendleri*) presscake: a novel substrate for butanol production and reduction in environmental pollution. *Biotechnol. Prog.* 2018. doi: 10.1002/btpr.2767.
27. Farmanbordar S., Karimi K., Amiri H. Municipal solid waste as a suitable substrate for butanol production as an advanced biofuel. *Energy Convers. Manag.* 2018, 157: 396—408. doi: 10.1016/j.enconman.2017.12.020.
28. Khedkar M.A., Nimbalkar P.R., Kamble S.P., Gaikwad S.G., Chavan P.V., Bankar S.B. Process intensification strategies for enhanced holocellulose solubilization: beneficiation of pineapple peel waste for cleaner butanol production. *J. Clean. Prod.* 2018, 199: 937—947. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.205.
29. Borah A.J., Roy K., Goyal A., Moholkar V.S. Mechanistic investigations in biobutanol synthesis via ultrasound-assisted ABE fermentation using mixed feedstock of invasive weeds. *Bioresour. Technol.* 2019, 272: 389—397. doi: 10.1016/j.biortech.2018.10.063.
30. Ibrahim M.F., Abd-Aziz S., Yusoff M.E.M., Phang L.Y., Hassan M.A. Simultaneous enzymatic saccharification and ABE fermentation using pretreated oil palm empty fruit bunch as substrate to produce butanol and hydrogen as biofuel. *Renew. Energy*. 2015, 77: 447—455. doi: 10.1016/j.renene.2014.12.047.
31. Li J., Wang L., Chen H. Periodic peristalsis increasing acetone-butanol-ethanol productivity during simultaneous saccharification and fermentation of steam-exploded corn straw. *J. Biosci. Bioeng.* 2016, 122 (5): 620—626. doi: 10.1016/j.jbiosc.2016.04.009.
32. Guan W., Shi S., Tu M., Lee Y.Y. Acetone-butanol-ethanol production from Kraft paper mill sludge by simultaneous saccharification and fermentation. *Bioresour. Technol.* 2016, 200: 713—721. doi: 10.1016/j.biortech.2015.10.102.
33. He C.-R., Kuo Y.-Y., Li S.-Y. Lignocellulosic butanol production from Napier grass using semi-simultaneous saccharification fermentation. *Bioresour. Technol.* 2017, 231: 101—108. doi: 10.1016/j.biortech.2017.01.039.
34. Farmanbordar S., Amiri H., Karimi K. Simultaneous organosolv pretreatment and detoxification of municipal solid waste for efficient biobutanol production. *Bioresour. Technol.* 2018, 270: 236—244. doi: 10.1016/j.biortech.2018.09.017.
35. Qureshi N., Singh V., Liu S. Ezeji T.C., Saha B.C., Cotta M.A. Process integration for simultaneous saccharification, fermentation, and recovery (SSFR): Production of butanol from corn stover using *Clostridium beijerinckii* P260. *Bioresour. Technol.* 2014, 154: 222—228. doi: 10.1016/j.biortech.2013.11.080.
36. Rajagopalan G., He J., Yang K-L. One-pot fermentation of agricultural residues to produce butanol and hydrogen by *Clostridium* strain BOH3. *Renew. Energy*. 2016, 85: 1127—1134. doi: 10.1016/j.renene.2015.07.051.
37. Xin F., Wu Y.R., He J. Simultaneous fermentation of glucose and xylose to butanol by *Clostridium* sp. strain BOH3. *Appl. Environ. Microbiol.* 2014, 80(15): 4771—4778. doi: 10.1128/AEM.00337-14.

38. Li T., He J. Simultaneous saccharification and fermentation of hemicellulose to butanol by a non-sporulating *Clostridium* species. *Bioresour. Technol.* 2016, 219: 430—438. doi: 10.1016/j.biortech.2016.07.138.
39. Xin F., Wang C., Dong W., Zhang W., Wu H., Ma J., Jiang M. Comprehensive investigations of biobutanol production by a non-acetone and 1,3-propanediol generating *Clostridium* strain from glycerol and polysaccharides. *Biotechnol. Biofuels.* 2016, 9. doi: 10.1186/s13068-016-0641-8.
40. Xin F., Chen T., Jiang Y., Dong W., Zhang W., Zhang M., Wu H., Ma J., Jiang M. Strategies for improved isopropanol-butanol production by a *Clostridium* strain from glucose and hemicellulose through consolidated bioprocessing. *Biotechnol. Biofuels.* 2017, 10. doi: 10.1186/s13068-017-0805-1.
41. Wen Z., Minton N.P., Zhang Y., Li Q., Liu J., Jiang Y., Yang S. Enhanced solvent production by metabolic engineering of a twin-clostridial consortium. *Metab. Eng.* 2017, 39: 38—48. doi: 10.1016/j.ymben.2016.10.013.
42. Zhang Y., Xia C., Lu M., Tu M. Effect of overliming and activated carbon detoxification on inhibitors removal and butanol fermentation of poplar prehydrolysates. *Biotechnol. Biofuels.* 2018, 11. doi: 10.1186/s13068-018-1182-0.
43. Li J., Shi S., Tu M., Via B., Sun F.F., Adhikari S. Detoxification of organosolv-pretreated pine prehydrolysates with anion resin and cysteine for butanol fermentation. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2018, 186 (3): 662—680. doi: 10.1007/s12010-018-2769-4.
44. Lin P.P., Mi L., Morioka A.H., Yoshino K.M., Konishi S., Xu S.C., Papanek B.A., Riley L.A., Guss A.M., Liao J.C. Consolidated bioprocessing of cellulose to isobutanol using *Clostridium thermocellum*. *Metab. Eng.* 2015, 31: 44—52. doi: 10.1016/j.ymben.2015.07.001.

ASSESSMENT OF THE MACROECONOMIC FACTORS IMPACT ON THE DEVELOPMENT OF THE HOTEL INDUSTRY IN UKRAINE

D. Basyuk, L. Ivchenko, N. Tkachuk, K. Veres

National University of Food Technologies

Key words:

*Hotel economy
Macroeconomic factors
Correlation analysis
Regression model*

Article history:

Received 14.01.2019
Received in revised form
31.01.2019
Accepted 15.02.2019

Corresponding author:

D. Basyuk
E-mail:
daruna.b@gmail.com

ABSTRACT

The tourist and hotel industry of Ukraine during the last years gradually restores production facilities in the context of joining the European space, increasing the volume of sales of tourist services, improving the image of the national tourism product at the international market. At the same time, there are negative trends in the hotel industry, in particular, the obsolescence of the material and technical base, the discrepancy between the price and the quality of services, the insufficient differentiation of accommodation facilities, the low level of occupancy in the hotel rooms.

The paper analyzes the main macroeconomic factors influencing the development of the hotel economy of Ukraine by the method of correlation — regression analysis. It was found that the most significant influence on the dynamics of indicators of the number of accommodation properties and their number of places have the following factors of the external environment: the total number of foreign and domestic tourists serviced by operators and agents, the total number of transported passengers, foreign direct investment in Ukraine and the volume of GDP per capita. It is calculated that an increase in GDP per capita of \$ 2 creates the conditions for the appearance of a new hotel or 32 places for temporary residence. And an additional fundraising of \$ 1 billion of foreign direct investment leads to the creation of 54 new hotels.

All factors which make the influence on the studied indicators of the hotel industry development have shown a significant correlation between each other (multicollinearity), so it is possible to construct a multi-factor model and identify qualitative essential levers of macroeconomic impact on the hospitality industry development. The results of the study can be taken into account in developing integrated tourism development programs in the regions and in Ukraine as a whole.

ОЦІНКА ВПЛИВУ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ФАКТОРІВ НА РОЗВИТОК ГОТЕЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА В УКРАЇНІ

Д.І. Басюк, Л.О. Івченко, Н.А. Ткачук, К.О. Верес

Національний університет харчових технологій

Туристично-готельна галузь України протягом останніх років поступово відновлює виробничі потужності в контексті входження до європейського простору, нарощування обсягів реалізації туристичних послуг, покращення іміджу національного туристичного продукту на міжнародному ринку. Водночас спостерігаються негативні тенденції у сфері готельного господарства, зокрема застарілість матеріально-технічної бази, невідповідність співвідношення ціна—якість послуг, недостатня диференціація закладів розміщення, невисокий рівень завантаження номерного фонду.

У статті проаналізовано основні макроекономічні фактори впливу на розвиток готельного господарства України методом кореляційно-регресійного аналізу. Встановлено, що найбільш суттєвий вплив на динаміку показників кількості закладів розміщення та кількості місць у них мають такі чинники зовнішнього середовища, як прямі іноземні інвестиції в Україну та обсяг ВВП на душу населення, а також кількість осіб, обслугованих туристичними операторами й агентами та обсяги пасажирських перевезень. Розраховано, що збільшення ВВП на душу населення на 2 дол. США створює умови для появи одного нового готелю чи 16 місць для тимчасового проживання. А додаткове залучення 1 млрд дол. США прямих іноземних інвестицій зумовлює появу 54 нових готелів.

Усі фактори, вплив яких проаналізовано на досліджувані показники розвитку готельного господарства, демонструють суттєвий кореляційний зв'язок між собою (мультиколінеарність), що дало змогу побудувати багатфакторну модель і визначити якісні суттєві важелі макроекономічного впливу на розвиток індустрії гостинності. Результати дослідження можуть бути враховані при розробленні комплексних програм розвитку туризму в регіонах та в Україні загалом.

Ключові слова: готельне господарство, макроекономічні фактори, кореляційний аналіз, регресійна модель.

Постановка проблеми. Протягом останніх років спостерігається поступове відновлення внутрішніх і міжнародних туристичних потоків в Україні на фоні підвищення ролі туризму у формуванні макроекономічних показників, нарощування обсягів реалізації туристичних послуг, покращення іміджу національного туристичного продукту на міжнародному ринку, що узгоджується з державною політикою економічних реформ і курсом на інтеграцію до Європейського Союзу та світового економічного простору. Стратегія розвитку туризму та курортів до 2026 р., затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16.03.2017 № 168, визначає державні пріори-

тети туристичної політики, насамперед розвиток туристично-готельної інфраструктури [2].

Водночас результати аналізу розвитку готельного господарства в системі національної економіки країни показали, що, володіючи значною територією, відомими об'єктами культурно-історичної спадщини, багатими природно-рекреаційними ресурсами та мальовничими ландшафтами, частка України у світовому готельному господарстві у 2017 р. не перевищувала 0,6%, що є недостатнім і свідчить про потенціал для подальшого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження ефективного розвитку туристично-готельної інфраструктури через призму стратегічного управління знайшли своє відображення в працях В. Азара, М. Бойко, М. Біржакова, В. Данильчука, Л. Завідної, В. Кифяка, А. Мазаракі, С. Мархоноса, М. Мальської, О. Любіцевої, Т. Ткаченко, Н. Турло, О. Розметової, В. Цибуха, Г. Харріса, Дж. Уокера.

Теоретичні та практичні основи управління у сфері готельного господарства презентовані в працях Л. Агафонової, С. Байлика, Р. Браймера, Л. Гопкало, Г. Круль, Л. Нечаюк, П. Пуцентейла, Х. Роглева та ін. Науковці відзначають, що ключова роль в інституційному становленні туристичної галузі належить інфраструктурі колективних засобів розміщення. Згідно з ДСТУ4527:2006 «Послуги туристичні. Засоби розмішування. Терміни та визначення»[4], до колективних засобів розміщення (КЗР) відносять підприємства будь-якої форми власності та організаційно-правової форми, в яких надають місце для ночівлі в кімнаті чи іншому приміщенні, де кількість місць повинна перевищувати певний мінімум для груп осіб, більших ніж одна сім'я, а всі місця підлягають єдиному керівництву й оплаті відповідно до встановлених цін. У структурі КЗР виділяють готелі й аналогічні засоби розмішування та спеціалізовані засоби розмішування [4].

Інституційне становлення готельної галузі відбувається на фоні певного поживлення у країні ділової активності, насамперед малого і середнього бізнесу, а також туристичної активності, зокрема внутрішнього туризму, поступового зростання доходів населення, обсягів інвестиційної діяльності, розроблення та впровадження прогресивних методів і стандартів готельного обслуговування, пошуку інноваційних форм створення готельного продукту на основі ефективного використання існуючих ресурсів іновітніх технологій.

Мета статті: отримання кількісних оцінок впливу макроекономічних чинників на показники діяльності галузі готельного господарства України. Для цього було обрано такі показники:

- кількість готелів та аналогічних засобів розмішування;
- кількість місць у готелях та аналогічних засобах розміщення.

Викладення основних результатів дослідження. Динаміку основних показників розвитку інфраструктури колективних закладів розміщення представлено у табл. 1. Дані таблиці свідчать, що за умов нестабільної динаміки загальна кількість закладів колективних розмішування поступово скорочується. Так, протягом 2011—2017 рр. припинили діяльність 1 767 підприємств, тобто 30%.

Таблиця 1. Розвиток колективних засобів розміщення в Україні в 2011—2017 рр., [6]

	2011	2012	2013	2014 ¹	2015 ¹	2016 ¹	2017 ¹
Кількість колективних засобів розміщення	5 882	6 041	6 411	4 572	4 341	4 256	4 115
Кількість готелів та аналогічних засобів розміщення	3 162	3 144	3 582	2 644	2 478	2 534	2 474
Кількість спеціальних засобів розміщення	2 720	2 897	2 829	1 928	1 863	1 722	1 641
Кількість місць у колективних засобах розміщення, тис.	567,3	583,4	586,6	406,0	402,6	375,6	359,0
Кількість місць у готелях та аналогічних засобах, тис.	154,2	162,8	179,1	135,5	132,5	135,9	133,4
Кількість місць у спеціальних засобах розміщення, тис.	413,1	420,6	407,5	270,5	270,1	239,7	225,6
Кількість осіб, що перебували у колективних засобах розміщення, млн	7 426,9	7 887,4	8 303,	5 423,	5 779,	6 544,	6 6612
Кількість осіб, що перебували у готелях та аналогічних засобах, млн	4 656,8	4 983,9	5 467,	3 814,	4 297,	5 037,1	5 135,2
Кількість осіб, що перебували у спеціальних засобах розміщення, млн	2 770,1	2 903,	2 835	1 609,	1 482,	1 507,	1 526,

¹Без урахування тимчасово окупованої території Автономної республіки Крим, м. Севастополя та тимчасово окупованих територій у Донецькій і Луганській областях.

Скоротилась передусім кількість спеціалізованих підприємств — на 1079 од. (–39,7%). У готельних підприємствах скорочення склало, відповідно, 688 од. (–21,7%). Суттєво зменшується кількість місць у КЗР — на 208,3 тис. місць (–36,7%). Водночас за останні два роки зростає кількість осіб, що користувались послугами закладів розміщення. Можна констатувати, що в готельному господарстві України на сучасному етапі спостерігається нерівномірність забезпечення послугами підприємств розміщення як за кількістю, так і за якістю. Так, якщо у країнах ЄС на кожну тисячу осіб населення припадає 10—30 місць у готелях різних категорій, а в туристичних центрах цей показник зростає в 2—3 рази, то в Україні в середньому припадає 8,4 місця на тисячу мешканців. В столиці України — Києві цей показник становить більш як 7 місць, найкращий рівень забезпечення місцями для проживання у колективних засобах розміщення спостерігається у Львівській, Одеській та Закарпатській областях, найнижчий — у Луганській, Чернігівській та Кіровоградській області. Проте існуюча база закладів розміщення завантажена недостатньо, залишається низьким коефіцієнт завантаження номерного фонду (коефіцієнт використання місткості), який коливається від 19% до 41% для різних типів засобів розміщення. Тоді як у європейських готелях середнє завантаження номерного фонду знаходилося на рівні 65—67%, а економічні

підрахунки свідчать, що рівень завантаження готелів 25% є критичною межею, зменшує інвестиційний потенціал підприємств, обмежує можливості модернізації та підвищення якості обслуговування.

При цьому науковий і практичний інтерес складає встановлення суттєвих причин (факторів), що зумовлюють перебіг показників індустрії та не завжди можуть мати чітку якісну або кількісну оцінку без спеціальних методів дослідження. Останнім часом все частіше зустрічається термін «datascience», чіткого визначення якого практично не існує. Наука про дані пов'язує різні напрямки людської діяльності з математичними методами. Кореляційний аналіз — один з простих методів, який дає змогу візуалізувати, встановити й оцінити закономірності в існуючих даних. Зокрема, в багатьох практичних задачах прогнозування для вивчення різного роду зв'язків в економічних системах на основі статистичних будують регресійну модель.

Статистика кількості готелів та аналогічних закладів розміщування протягом 2009—2017 рр. показує динаміку, яку представлено на рис. 1.

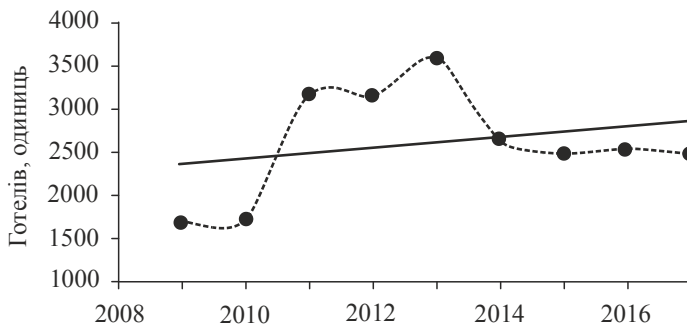


Рис. 1. Динаміка кількості готелів та аналогічних закладів розміщення України у 2009—2017 рр.

Значне зростання кількості готельних підприємств в Україні відбулося вже через 1,5—2 роки після прийняття рішення про проведення Євро-2012 в чотирьох українських містах (грудень 2009 р.). Наступний пік значення цього показника в 2013 р. можна пояснити збільшенням потоку іноземних туристів в Україну й оптимістичним прогнозом щодо його подальшого зростання. На фоні суттєвих коливань цього показника спостерігається тенденція до незначного збільшення кількості підприємств — в середньому на 61 одиницю щорічно.

Місткість готельних підприємств, що теж було обрано як показник для визначення, навпаки, демонструє щорічне середнє зменшення приблизно на 6,5 тис. одиниць (рис. 2). Причому для лінійного тренду цього показника спостерігається досить високий ступінь кореляції, що є свідченням адекватності лінійного моделювання.

Слід відмітити, що динаміка кількості місць у готелях дещо відрізняється від поведінки попереднього показника, оскільки спостерігається тенденція до скорочення. Лінійний тренд дає змогу приблизно оцінити середнє скорочення кількості місць у готелях та аналогічних засобах розміщування на 6 тис. одиниць щорічно.

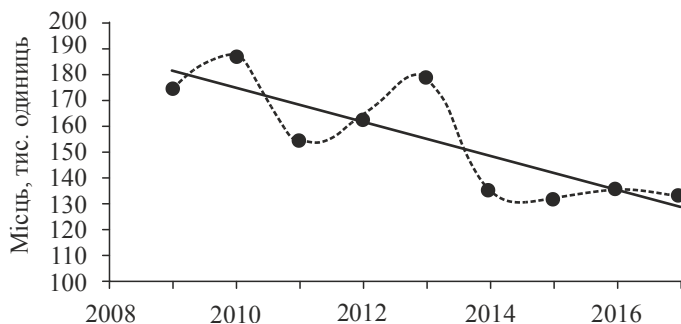


Рис. 2. Динаміка кількості місць у готелях та аналогічних закладах розміщення України у 2009—2017 рр.

Вплив макроекономічних показників на розвиток будь-якої галузі економіки величезний. Для туристичної галузі визначальними можуть бути такі макроекономічні показники, як зайнятість населення, заробітна плата, інфляція, рівень безробіття, рівень доходів і збережень. Ці показники безпосередньо впливають на платоспроможність населення і, відповідно, на кількість туристів. Серед суттєвих факторів зовнішнього середовища, які стримують розвиток підприємництва у галузі, слід відзначити: недосконалість нормативно-правової бази і системи сертифікації та стандартизації закладів розміщення, незадовільний рівень якості послуг розміщення, часто завищені ціни, високий податковий тиск, зростання цін на енергоносії та комунальні послуги, що зумовлює значні витрати на утримання та експлуатацію номерного фонду.

Для стратегічного управління підприємствами готельного господарства на мікро- та макrorівні необхідно чітко оцінювати найбільш суттєві фактори, що визначають реальний стан ринку, тенденції сучасного розвитку та в подальшому запропонувати ефективну модель розвитку.

На початковому етапі дослідження впливу зовнішніх факторів на розвиток готельного господарства було складено досить великий перелік показників, а саме:

- ВВП на душу населення, дол. США;
- прями іноземні інвестиції в Україну, млн дол.;
- частка міського населення України, %;
- кількість перевезених пасажирів загальна, млн осіб;
- загальна кількість іноземних і внутрішніх туристів, обслугованих операторами й агентами, осіб;
- обсяг капітальних інвестицій, усього, млн грн;
- обсяг капітальних інвестицій у тимчасове розміщення й організацію харчування, млн грн.

Показник ВВП на душу населення демонструє загальний матеріальний добробут населення. Показник є макроекономічним і обчислюється в масштабі держави за тривалий період — рік. Для розрахунку цього показника були взяті значення номінального ВВП України протягом останніх десяти років

(2010—2017 pp.) [8]. Протягом досліджуваного періоду спостерігається нестабільність цього показника, а його коливання безпосередньо пов'язані з подіями в країні. Апроксимація статистичних даних лінійною залежністю показує низький рівень кореляції і дає змогу приблизно оцінити середнє щорічне зменшення ВВП на душу населення країни на 184 дол. США.

Прямі іноземні інвестиції — показник, динаміка якого така ж, як і динаміка показника ВВП. Дійсно, зростання ВВП й обсягу іноземних інвестицій можна пов'язати з підготовкою і проведенням в Україні футбольного чемпіонату «Євро-2012», а зниження — з відомими подіями 2014 року. Лінійний тренд для цього показника практично відсутній, значення коливаються в межах середнього значення, але в цілому протягом досліджуваного періоду можна спостерігати слабке щорічне зменшення на 10 млн дол. США.

Збільшення показника частки міського населення України повинно було б спровокувати зростання туристичних потоків і, відповідно, показників діяльності готельного господарства. Таке припущення пов'язане з тим, що міське населення вважається більш мобільним, ніж сільське. Частина міського населення в Україні неухильно збільшується з показником середнього щорічного приросту приблизно на 0,07%, але при зниженні абсолютних показників чисельності населення країни.

Кількість перевезених пасажирів — показник, який було вирішено включити в список факторів, що корелюють з показниками туристичних потоків і, відповідно, з показниками готельного господарства.

Статистичні дані показують поступове зменшення цього показника протягом досліджуваного періоду (в середньому близько 300 млн пасажирів щорічно), лінійний тренд досить впевнено описує динаміку пасажирських перевезень з близьким до одиниці значенням коефіцієнта детермінації ($R^2 = 0,91$).

Наступний фактор, обраний для аналізу, — загальна кількість іноземних і внутрішніх туристів, обслугованих операторами й агентами. Слід підкреслити, що було взято статистичні дані, по-перше, саме кількості туристів, обслуговуваних туристичними підприємствами, а, по-друге, без урахування українців, які виїжджали за кордон. Тож при аналізі враховували тільки тих, хто під час подорожі знаходився на території України і міг скористатись послугами готельних підприємств. На перший погляд, динаміка цього показника досить невтішна: середнє щорічне скорочення приблизно на 113 тис. осіб. Але якщо взяти дані останніх чотирьох років (2014—2017 pp.), то спостерігається поступове збільшення — близько 6,5 тис. осіб щорічно.

Останні два показники — капітальні інвестиції. Із загальних даних капітальних інвестицій в країні відокремлені дані про інвестиції в тимчасове розміщення й організацію харчування. Значний стрибок показника саме цих інвестицій в 2012 р. пов'язаний з вимогами УЄФА до збільшення кількості готелів категорії 3—5 зірок (рис. 3).

Лінійний тренд, демонструючи дуже низьку адекватність моделі, все ж показує поступове збільшення інвестицій у готельне господарство країни в середньому на 55 млн грн щорічно. Зокрема, спостерігається суттєве зростання цього показника в 2017 році.

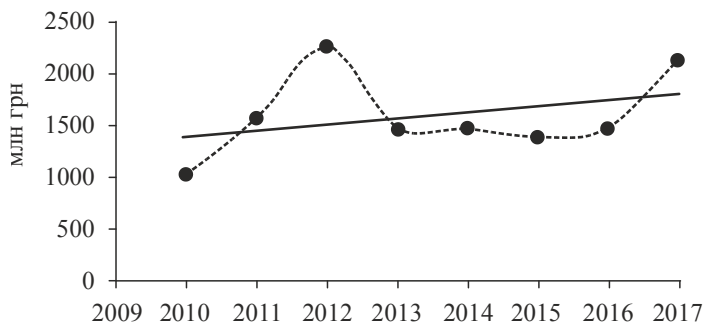


Рис. 3. Динаміка капітальних інвестицій в тимчасове розміщення і організацію харчування

На рис. 4 представлено матрицю, що характеризує ступінь кореляції кількості підприємств готельного типу в Україні із зовнішніми факторами, які було проаналізовано. Напівжирним курсивом виділено значення коефіцієнтів кореляції, що підтверджують наявність кореляційного зв'язку між показником кількості підприємств готельного типу і зовнішніми факторами. Тож найбільш сильний прямий зв'язок простежується з факторами:

- ВВП на душу населення ($R = 0,69$);
- прями іноземні інвестиції в Україну ($R = 0,63$).

	Кількість підприємств готельного типу	ВВП на душу населення, дол. США	Прямі іноземні інвестиції в Україну	Частка міського населення	Кількість перевезених пас., млн	Кількість іноземних і внутрішніх туристів, обслугов.	Капітальних інвестицій всього, млн грн	Обсяг кап. інвестицій в тимчас. розміщ. і орг. харчув.
Кількість підприємств готельного типу	1							
ВВП на душу населення, дол. США	0,68837069	1						
Прямі іноземні інвестиції в Україну	0,63076271	0,97078207	1					
Частка міського населення	-0,0249453	-0,622132	-0,6953254	1				
Кількість перевезених пас., млн	0,32153282	0,82168165	0,84991041	-0,9351213	1			
Кількість іноземних і внутрішніх туристів, обслугов.	0,3080583	0,78223968	0,88318605	-0,8492436	0,83919044	1		
Капітальних інвестицій всього, млн грн	0,00736628	-0,408614	-0,4323751	0,74918837	-0,7858688	-0,3964536	1	
Обсяг кап. інвестицій в тимчас. розміщ. і орг. харчув.	0,42163726	0,25888847	0,17228267	0,28802029	-0,1603585	0,08201321	0,6059478	1

Рис. 4. Кореляційна матриця показника кількості підприємств готельного типу із факторами

Наявність кореляційного зв'язку для перших двох факторів з коефіцієнтами кореляції $R > 0,5$ надає гіпотетичну можливість моделювання залежності від них кількості підприємств готельного типу (рис. 5 і рис. 6).

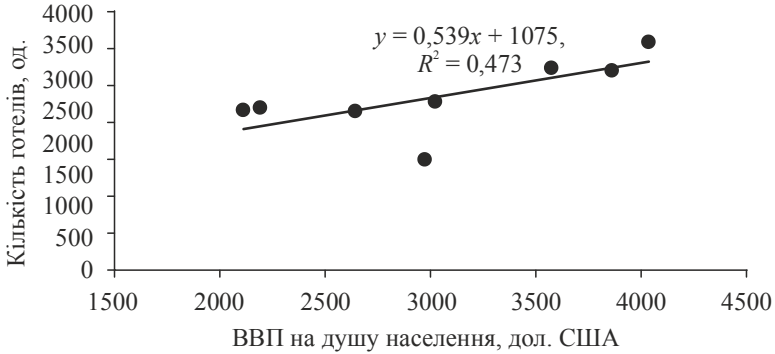


Рис. 5. Моделювання залежності кількості готелів та аналогічних засобів розміщення від фактора ВВП на душу населення України

Проста лінійна модель, представлена на рис. 5, очікувано не витримує перевірки на адекватність за критерієм Фішера ($F_{\text{спостер.}} = 5,4$ при $F_{\text{крит.}}(0,05; 1; 6) = 5,99$). З урахуванням цього зауваження і наявності коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,47$, спираючись на побудовану модель, зробимо недостатньо обґрунтований висновок: зростання ВВП на душу населення на 2 дол. США викликає появу в середньому одного нового підприємства готельного типу.

Моделювання динаміки кількості готельних підприємств залежно від показника прямих іноземних інвестицій в Україну представлено на рис. 6.

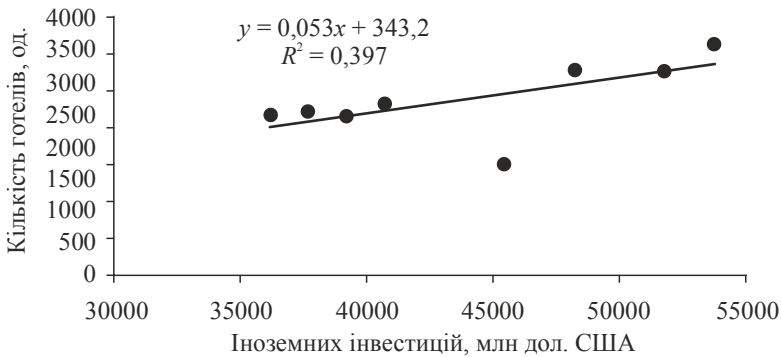


Рис. 6. Моделювання залежності показника кількості готелів та аналогічних засобів розміщення від фактора прямих іноземних інвестицій в Україну

Перевірка за критерієм Фішера також підтверджує неадекватність моделі ($F_{\text{спостер.}} = 3,96$ при $F_{\text{крит.}}(0,05; 1; 6) = 5,99$). Якщо все ж таки спробувати зробити висновок, користуючись цією моделлю, то кожен мільярд прямих іноземних інвестицій в Україну спричиняє в середньому зростання кількості готельних підприємств на 54 одиниці.

Оцінити залежність динаміки кількості готельних підприємств від обсягів капітальних інвестицій у тимчасове розміщення й організацію харчування та

інших факторів не є можливим через занадто низький рівень кореляційного зв'язку.

Результати кореляційного аналізу (рис. 4) продемонстрували неможливість побудови багатофакторної регресійної моделі залежності кількості готелів та аналогічних засобів розміщення від факторів, що розглядаються, ще й через наявність мультиколінеарності — суттєвого кореляційного зв'язку між факторами. Наприклад, значення коефіцієнта кореляції між факторами «Прямі іноземні інвестиції в Україну» і «ВВП на душу населення» становить $R = 0,97$.

На рис. 7 представлено кореляційну матрицю, що характеризує кореляцію кількості місць у готелях та аналогічних засобах розміщування із зазначеними факторами.

	Кількість місць на підприємствах готельного типу	ВВП на душу населення, дол. США	Прямі іноземні інвестиції в Україну	Частка міського населення	Кількість перевезених пас., млн	Кількість іноземних і внутрішніх туристів, обслугов. операторами, осіб	Капітальних інвестицій всього, млн грн	Обсяг кап. інвестицій в тимчас. розміщ. і орг. харчув.
Кількість місць на підприємствах готельного типу	1,0000							
ВВП на душу населення, дол. США	0,6720	1,0000						
Прямі іноземні інвестиції в Україну	0,7930	0,9708	1,0000					
Частка міського населення	-0,8248	-0,6221	-0,6953	1,0000				
Кількість перевезених пас., млн	0,8044	0,8217	0,8499	-0,9351	1,0000			
Кількість іноземних і внутрішніх туристів, обслугов. операторами, осіб	0,8662	0,7822	0,8832	-0,8492	0,8392	1,0000		
Капітальних інвестицій всього, млн грн	-0,5942	-0,4086	-0,4324	0,7492	-0,7859	-0,3965	1,0000	
Обсяг кап. інвестицій в тимчас. розміщ. і орг. харчув.	-0,2910	0,2589	0,1723	0,2880	-0,1604	0,0820	0,6059	1,0000

Рис. 7. Кореляційна матриця показника кількості місць у готелях та аналогічних засобах розміщення із факторами.

Отже, можемо виділити фактори, що демонструють найвищий ступінь прямого кореляційного зв'язку з кількістю місць у готельних підприємствах:

- загальна кількість іноземних і внутрішніх туристів, обслугованих операторами і агентами, осіб ($R = 0,87$);
- кількість перевезених пасажирів загальна, млн ($R = 0,8$);
- прямі іноземні інвестиції в Україну, млн дол. США ($R = 0,79$);

- ВВП на душу населення, дол. США ($R = 0,67$).

Фактори, для яких виявлена досить сильна зворотна кореляційна залежність з показником кількості місць в готелях України:

- частка міського населення України, % ($R = -0,82$);

- фактори, що стосуються обсягу капітальних інвестицій ($R = -0,59$).

Останні два результати взагалі є суперечливими і не можуть бути використані для моделювання. Зворотний зв'язок кількості місць у готелях з фактором частки міського населення може бути пов'язаний із незначним впливом цього показника на кількість місць у готелях, бо статистичні дані дійсно демонструють скорочення кількості місць на фоні постійного, але незначного збільшення відсотка міського населення країни. Крім того, кількість міського населення, як і загальна кількість населення України, в абсолютному вимірюванні скорочується.

Причини непередбачуваної кореляції з обсягом капітальних інвестицій теж можна пояснити. Можливо припустити, по-перше, що основний обсяг цих інвестицій надходить до підприємств харчування, а не в готельне господарство, а по-друге, відсоток цих інвестицій від загального обсягу капітальних інвестицій невеликий і складає менше 1%.

Тож найбільше значення коефіцієнта кореляції отримано для фактора кількості іноземних і внутрішніх туристів, обслугованих операторами й агентами. Моделювання залежності кількості місць у готельних підприємств від цього фактора представлено на рис. 8. Модель адекватна з показником критерію Фішера $F_{\text{спостер.}} = 17,92$ при значенні $F_{\text{крит.}}(0,05; 1; 7) = 5,59$.

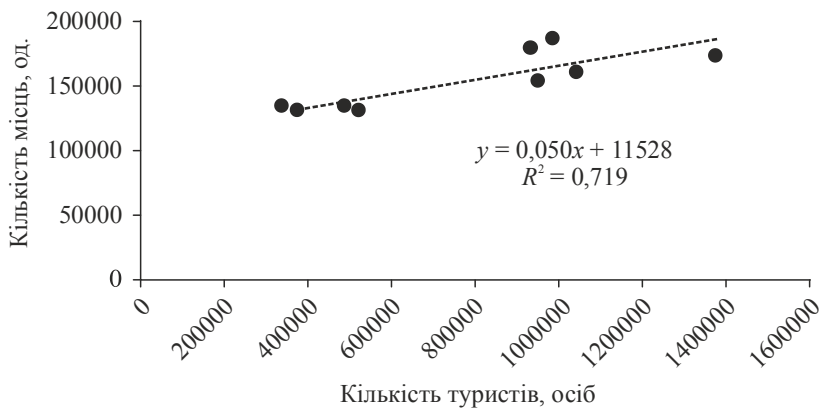


Рис. 8. Моделювання залежності кількості місць у готелях від фактора кількості туристів, обслугованих операторами й агентами

Відповідно до цієї моделі кожен додатковий 100 осіб, що будуть обслуговані туристичними операторами й агентами, зумовлюють появу п'яти додаткових місць у колективних закладах розміщування.

Дослідження впливу фактора кількості пасажирських перевезень передбачалося з міркувань наявності певного зв'язку між мобільністю населення і потребою в місцях у КЗР. Кореляційний аналіз дійсно показав високі значення коефіцієнтів кореляції для цього фактора. Побудована модель взаємозв'язку кількості місць у готелях і загальної кількості перевезених пасажирів

виявилася адекватною за критерієм Фішера і вказує на те, що із збільшенням обсягів пасажирських перевезень на 1млн осіб кількість місць у готельних підприємствах повинна збільшуватись на 18 одиниць.

Кореляційний зв'язок кількості місць з показником прямих іноземних інвестицій, хоч і з недостатнім рівнем кореляції, все ж має місце ($R = 0,79$). Тож не варто нехтувати впливом цього фактора на показники діяльності готелів. На рис. 9 представлено модель залежності кількості місць у готельних підприємствах від обсягів іноземних інвестицій.

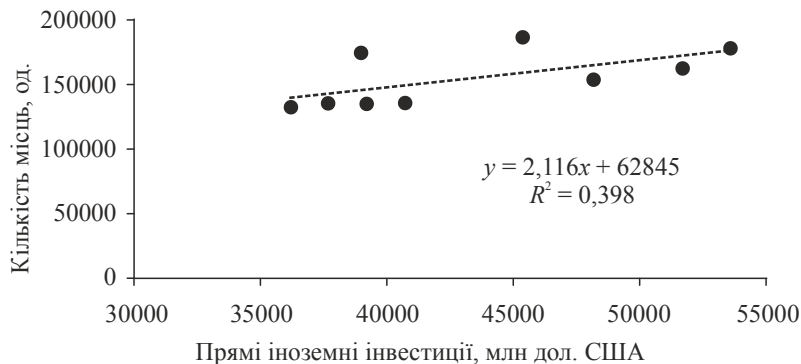


Рис. 9. Моделювання залежності кількості місць у готелях від фактора обсягу прямих іноземних інвестицій в Україні

За умови неадекватності моделі ($F_{\text{спостер.}} = 4,64$ при $F_{\text{крит.}}(0,05; 1; 7) = 5,59$) інтерпретація результатів моделювання така: на кожний 1млн дол. США іноземних інвестицій слід очікувати появу двох додаткових місць у готелях.

Модель впливу фактору ВВП на показник кількості місць у готелях (рис. 10) теж не є адекватною ($F_{\text{спостер.}} = 2,78$), але оцінювання є доцільним: із зростанням ВВП на душу населення на 1дол. США очікується збільшення кількості місць на 16 одиниць.

Усі фактори, вплив яких на показник кількості місць у готелях було проаналізовано, знову демонструють суттєвий кореляційний зв'язок між собою (явище мультиколінеарності), тож побудова багатфакторної моделі в цьому разі неможлива.

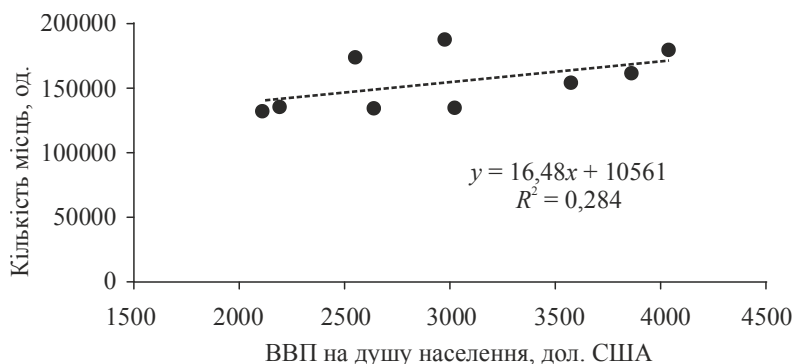


Рис. 10. Моделювання залежності кількості місць у готелях від фактора ВВП на душу населення України

Узагальнені результати аналізу представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Вплив макроекономічних факторів зовнішнього середовища на розвиток готельного господарства України

Показники готельного господарства	Вплив макроекономічних факторів			
	ВВП на душу населення	Прямі іноземні інвестиції	Кількість осіб, обслугованих туристичними операторами і агентами	Обсяги пасажирських перевезень
Кількість готелів та аналогічних засобів розміщування	Зростання ВВП на 2 дол. США викликає появу одного нового готелю	1 млрд дол. США інвестицій викликає зростання на 54 одиниці	Слабка кореляція	Слабка кореляція
Кількість місць у готелях та аналогічних засобах розміщення	При зростанні на 1 дол. США очікується збільшення кількості місць на 16 одиниць	1 млн дол. США іноземних інвестицій викликає появу двох додаткових місць	Кожні додаткові 100 обслугованих осіб викликають появу п'яти додаткових місць у готелях	Кожний 1 млн пасажирів викликає збільшення кількості місць на 18 одиниць

Висновки

Отже, кореляційний аналіз впливу макроекономічних факторів на показники готельного господарства України дає змогу виділити найбільш суттєві з них, а саме:

- обсяг ВВП на душу населення;
- прямі іноземні інвестиції;
- кількість осіб, обслугованих туристичними операторами й агентами;
- обсяги пасажирських перевезень.

Це дає підстави для обґрунтованих управлінських рішень у реалізації державних і регіональних програм соціально-економічного розвитку та розвитку туристично-готельної галузі. Аналіз і прогноз економічних взаємозв'язків у структурі національної економіки України або окремого регіону, зроблені експертами, дають змогу орієнтуватися в перспективах можливої зміни у динаміці попиту на послуги підприємств готельного господарства.

Література

1. Закон України «Про туризм»: (офіційний текст) / Верховна Рада України. К.: Парламентське вид-во, 2015 р. 96с.
2. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.03.2017 № 168 «Про затвердження Стратегії розвитку туризму та курортів до 2026 року»
3. Послуги туристичні. Засоби розміщування. Загальні вимоги.: ДСТУ 4268:2003. 10 с.
4. Послуги туристичні. Засоби розміщення. Терміни та визначення: ДСТУ 4527:2006. [Чинний від 2006-10-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 28 с.
5. Статистичний бюлетень Мережа суб'єктів туристичної діяльності. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
6. Статистичний бюлетень Колективні засоби розміщування в Україні у 2017 році. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

7. Статистичний бюлетень «Туристичні потоки в Україні». URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
8. Статистичний збірник «Капітальні інвестиції в Україні» у 2010—2015 роках. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ6_u.htm
9. Статистичний бюлетень «Капітальні інвестиції в Україні.2016 рік». URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ6_u.htm
10. Басюк Д.І., Розметова О.Г. Сучасні тенденції розвитку готельного господарства України. *Вісник ШНАУ. Серія «Економіка та менеджмент»*. 2017. № 5. С. 64—66.
11. Мархонос С.М. Турло Н.П. Аналіз сучасного стану та фінансове забезпечення розвитку готельного господарства України. URL: http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/14_2_2017ua/9.pdf
12. Завідна Л.Д. Управління стратегічним розвитком підприємства готельного господарства. Дис. ... докт.екон. наук за спеціальністю 08.00.04. економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності). Київський національний торговельно-економічний університет, Київ, 2018.

УДК 338: 664.1

DEVELOPMENT OF EXPORT ACTIVITY OF THE BEETROOT-SUGAR COMPLEX

O. Pietukhova, A. Yamkova

National University of Food Technologies

Key words:

Enterprise
Foreign economic activity
Export activity
Development
Sugar

Article history:

Received 11.01.2019
Received in revised form
28.01.2019
Accepted 13.02.2019

Corresponding author:

O. Pietukhova

E-mail:

ompetukhova@bigmir.net

ABSTRACT

In the paper the concept “foreign economic activity” (FEA) is considered as the main features of foreign economic activity. Role and economic essence of export activity are described. It was found that enterprises can operate effectively in the implementation of fundamentally new approaches to the management of the development of export activity of the enterprise and the formation of a specific strategy. It is proved that the problem of development of export activity of the enterprise is quite actual for today and deserves special attention. The capacity of the domestic market and its inability to absorb all the offered products, which promotes the exit of enterprises to foreign markets are analyzed.

A conclusion about strengthening the development of export activities in context of deepening global integration processes is made. The basic requirements for export are defined and attention is focused on its efficiency. Methods of conducting export activity and conditions of creation of foreign economic services at enterprises are analyzed.

The history of the enterprise development and its main stages of formation are investigated. Export activity of LLC “Food company Zorya Podillya” is analyzed. The volume and structure of sugar export by the enterprise are investigated. It is substantiated that “Food Company Zorya Podillya LLC” has sufficient potential for foreign economic activity.

Basic directions of development foreign economic activity of the enterprise are formulated. Necessity of taking into account the peculiarities of each enterprise and the specifics of the export activity is noted. It was found out that the important factor for enterprises is not only the production of high quality products, but also the search for methods of development of export activity and ways of their introduction. The necessity of constant control of relations with foreign partners and the basic tools of their improvement are revealed.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-6

РОЗВИТОК ЕКСПОРТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ БУРЯКОЦУКРОВОГО КОМПЛЕКСУ

О.М. Пестухова, А.М. Ямкова

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено зміст поняття «зовнішньоекономічна діяльність» (ЗЕД), розглянуто основні ознаки ЗЕД. Охарактеризовано роль та економічну сутність експортної діяльності. Виявлено, що підприємства можуть ефективно функціонувати лише при втіленні принципово нових підходів до управління розвитком експортної діяльності і формування конкретної стратегії. Доведено, що проблема розвитку експортної діяльності підприємства є досить актуальною на сьогодні та заслуговує на особливу увагу. Проаналізовано місткість вітчизняного ринку та виявлено його неможливість поглинути всю запропоновану продукцію, що сприяє виходу підприємств на зовнішні ринки.

Зроблено висновок щодо посилення розвитку експортної діяльності в умовах поглиблення світових інтеграційних процесів. Визначено основні вимоги до експорту та акцентовано увагу на його ефективності. Розглянуто види експорту. Проаналізовано методи здійснення експортної діяльності й умови створення зовнішньоекономічних служб на підприємствах.

Досліджено історію розвитку підприємства та його основні етапи становлення. Проаналізовано експортну діяльність ТОВ «Продовольча компанія «Зоря Поділля». Визначено обсяги та структуру експорту цукру підприємством. Обґрунтовано, що ТОВ «Продовольча компанія «Зоря Поділля» має достатній потенціал для здійснення зовнішньоекономічної діяльності.

Сформульовано основні напрямки розвитку зовнішньоекономічної діяльності підприємства. Доведено необхідність врахування особливостей кожного підприємства та специфіки здійснення експортної діяльності. З'ясовано, що для підприємств важливим фактором є не лише виробництво продукції високої якості, а й пошук методів розвитку експортної діяльності та шляхів їх впровадження. Виявлено необхідність постійного контролю взаємовідносин з зарубіжними партнерами та основні інструменти їх вдосконалення.

Ключові слова: підприємство, ЗЕД (зовнішньоекономічна діяльність), експортна діяльність, розвиток, цукор.

Постановка проблеми. Не секрет, що одним із вагомих чинників якісного економічного зростання будь-якої країни є здійснення її суб'єктами господарювання ефективного експорту. Його стратегічна роль полягає в тому, що він розширює національні межі і за рахунок додаткових ринків збуту стимулює розвиток національних конкурентоспроможних виробників та надходження інвестицій у країну.

Перспективи розвитку ЗЕД підприємств України залежать від їх експортного потенціалу та вдосконалення товарної структури експорту. Здійснення експортних операцій є засобом, який дає можливість розширити ринки збуту,

підвищити якість продукції, що, у свою чергу, сприятиме зміцненню конкурентних позицій на внутрішньому ринку. Проте найвагомим фактором доцільності експортних операцій є ефективність експортної діяльності.

У сучасних умовах поняття ефективності експортної діяльності має комплексний і багатоаспектний характер. Воно може виражатись за допомогою різноманітних економічних показників, більшість з яких демонструє переваги розвитку зовнішньоекономічних зв'язків. При цьому варто враховувати те, що зовнішньоекономічні зв'язки сприяють забезпеченню оптимальних розмірів виробництва.

Враховуючи зазначені обставини, необхідне наукове обґрунтування ефективності експортної діяльності підприємств, зокрема визначення економічної сутності експортної діяльності, дослідження експортної діяльності підприємств, визначення існуючих проблем і напрямків підвищення її ефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблему експортної діяльності підприємств харчової промисловості досліджували такі вчені: М.О. Ажнюк [1], Н.В. Бахчеванова [2], К.Ю. Голуб [3], Н.І. Гражевська [4], А.А. Довгополов [5], В. Клинов [6], В.В. Кулішов [7], А.В. Омельченко [8], С.Ф. Ревуцький [9], Н.Е. Тюрина [10] та ін. Враховуючи глобалізацію світової економіки, що, у свою чергу, сприяє розширенню ринків збуту, потрібно враховувати постійні зміни у здійсненні експортної діяльності, тому важливо продовжувати дослідження ефективності її здійснення та факторів, що на неї впливають.

Мета статті: дослідження експортної діяльності ТОВ «Продовольча компанія “Зоря Поділля”» та визначення напрямків і стратегій розвитку ЗЕД підприємства.

Викладення основних результатів дослідження. Сучасний етап світогосподарських зв'язків характеризується розширенням усіх форм міжнародних економічних відносин на основі швидкого росту продуктивних сил, який обумовлений прискоренням науково-технічного прогресу. Наслідком цього є постійно зростаюча концентрація виробництва й укрупнення його розмірів, що підсилює тенденцію до інтернаціоналізації господарського життя, сприяє розвитку міжнародної спеціалізації і кооперації виробництва [1].

Вирішення питання про входження до міжнародної економіки потребує від України чіткого визначення стратегічних і тактичних цілей зовнішньоекономічної політики. З огляду на економічну і політичну ситуацію, що склалася у світі, стратегічні цілі формування зовнішнього сектору економіки України визначаються як орієнтація країни на подальше багатовекторне співробітництво з країнами ЄС, а також на європейські інтеграційні структури.

Особливістю сучасного етапу економічного розвитку є швидкий ріст міжнародної торгівлі науково-технічними знаннями і результатами виробничо-технічного співробітництва, також характерний бурхливий ріст ринку послуг (страхових, лізингових, транспортних та ін.).

Поступова інтеграція України у світову господарську систему привела до того, що в нині в експортній діяльності беруть участь тисячі підприємств, підприємств і чиновників, більшість з яких не мають уявлення про особливості її здійснення. Тому важливо чітко розуміти зміст поняття «зовнішньоекономічна діяльність».

Зовнішньоекономічна діяльність — діяльність суб'єктів господарської діяльності України та іноземних суб'єктів господарської діяльності, побудована на взаємовідносинах між ними, що має місце як на території України, так і за її межами [3].

Зовнішньоекономічна діяльність в усіх країнах спрямована на [6]:

- сприяння вирівнювання темпів економічного розвитку;
- порівнянність витрат виробництва на національному та світовому рівнях;
- реалізацію переваг міжнародного поділу праці, що сприяє зростанню ефективності національних економік.

До основних ознак ЗЕД можна віднести те, що за своєю сутністю вона є господарською діяльністю, тобто діяльністю суб'єктів господарювання у сфері суспільного виробництва, спрямованою на виготовлення та реалізацію продукції, виконання робіт чи надання послуг вартісного характеру, що мають цінову визначеність. Крім того, ця діяльність побудована на відносинах між суб'єктами господарювання, що перебувають під юрисдикцією різних держав і може здійснюватися як на території України, так і за її межами.

Експортна діяльність — вивіз із митної території країни за кордон товарів і послуг без зобов'язання їхнього зворотного повернення. Факт експорту фіксується в момент перетину товаром митного кордону, надання послуг тощо. До експорту відносяться також вивіз товарів для переробки їх в іншій країні, перевезення товарів транзитом через іншу країну, вивіз привезених з іншої країни товарів для продажу їх у третій країні (реекспорт) тощо [4].

Важливою характеристикою експортної діяльності є її ефективність.

Ефективність експорту — вигідність експорту, яка вимірюється відношенням вартості у зовнішньоторговельних цінах товару, вивезеного з країни, до його вартості у внутрішніх цінах [8].

Експорт товарів повинен здійснюватися відповідно до певних вимог, які визначені в законодавстві тієї чи іншої країни. По-перше, експорт товарів може здійснюватися тільки в тому випадку, якщо сплачені всі вивізні мита і внесені всі необхідні митні платежі. По-друге, експорт товарів потребує дотримання всіх заходів фінансової та економічної політики, також при цьому повинні виконуватися й інші вимоги, передбачені Кодексом та різними законодавчими актами країни у митній справі. Слід також звернути увагу на такий важливий момент: ті товари, які випускаються в митному режимі для експорту, повинні вивозитися за межі країни в тому стані, в якому вони були в момент прийняття митної декларації. Винятком є товари, що змінилися в результаті природного зносу, або товари, які змінилися, але за правильного транспортування або зберігання.

На рівень ефективності експортної діяльності впливають низка факторів зовнішнього та внутрішнього середовища, зокрема зміни, що відбулися або відбудуться в економічній системі, відповідність результату певним критеріям, кількісний вираз ступеня задоволення потреб, співвідношення реальних параметрів до заданих критеріїв тощо.

Залежно від походження чи призначення товарів, що вивозяться, в статистиці розвинених країн розрізняють такі види експорту [7]:

- вивіз товарів, що вироблені чи перероблені в країні експортера (основна категорія);
- вивіз вітчизняних товарів для переробки за кордоном під митним наглядом з подальшим поверненням;
- вивіз іноземних товарів, що пройшли транзитом через країну без розміщення їх на митних складах;
- тимчасовий вивіз вітчизняних товарів;
- вивіз за кордон іноземних товарів, ввезених в країну тимчасово.

Будь-яке явище, процес зазнає постійних змін, до яких потрібно пристосуватись та йти крок у крок з ними. До цієї категорії також відносять експорту діяльність. Для того, щоб удосконалити її, необхідно визначити фактори впливу на попит.

До таких факторів варто віднести: детальний аналіз споживчого попиту; наявність товарів-замінників; визначення інвестиційного потенціалу, спрямованого для покращення експортної діяльності; спрямувати інвестиції у той напрямок, який чинить значний вплив на задоволення попиту [2; 10].

Перед здійсненням експортної операції необхідно вирішити питання щодо методу експорту, під яким розуміють спосіб здійснення експортної операції.

У міжнародній торговельній практиці застосовуються два методи експорту.

Прямий експорт — здійснення операції безпосередньо між виробником і споживачем через власну зовнішньоторговельну фірму або відділ зовнішньоекономічних зв'язків [5].

Експортні операції можуть здійснювати також через посередницькі фірми, що працюють за договорами комісії або доручення.

Якщо фірма вибирає варіант прямого продажу, а не через посередника, їй необхідно створити чинну експортну службу.

Створення власних зовнішньоекономічних служб на підприємствах виправдано, якщо:

- частка експорту велика в загальному обсягу;
- зовнішньоторговельні операції здійснюються регулярно;
- випускається продукція з високим рівнем конкурентоспроможності, бажано унікальна за своїми властивостями;
- невисокий рівень конкуренції на відповідному сегменті світового ринку;
- на підприємстві є необхідна кількість фахівців із зовнішньоекономічної діяльності.

Після вибору методу експорту і встановлення контактів безпосередньо чи через посередника з імпортером, сторони переходять до обговорення й укладання контракту купівлі-продажу.

Згідно з контрактом основними обов'язками експортера є: постачання товару, передача документів і прав власності на товар імпортера — сплата ціни за товар і прийняття товару.

Контракт купівлі-продажу являє собою комерційний документ, що оформляє зовнішньоторгову угоду, в якому міститься письмова домовленість сторін про поставку товару: обов'язки продавця передати певне майно у власність покупця і обов'язок покупця прийняти це майно та виплатити за нього визна-

чену грошову суму, або обов'язки сторін виконати умови товарообмінної угоди.

Україна належить до традиційно цукрових держав світу, що зумовлюється досить сприятливими ґрунтово-кліматичними та економічними умовами для розвитку буряківництва й виробництва цукру, які дають змогу задовольнити внутрішній ринок і здійснювати експортну діяльність.

За останні роки високий попит на цукор стимулює сільськогосподарських товаровиробників збільшувати площі посіву цукрових буряків, виникає перевиробництво, що призводить до збільшення експорту цукру.

Підводячи підсумки за 2016—2017 рр., слід відзначити, що за даними асоціації «Укрцукор» 42 цукрових заводів виготовили 2,081 млн т цукру, що в 1,7 раза більше, ніж у сезоні цукроваріння 2015—2016 рр.

Згідно з балансом попиту і пропозиції цукру станом на 1 липня 2017 року запаси солодкого піску у всіх суб'єктів господарювання складають 817 тис. т, а потреба для забезпечення внутрішнього ринку на період липня—серпня 2017 р. — 280 тис. т [9].

З огляду на ситуацію, яка склалась на ринку, найоптимальнішим шляхом вирішення проблеми є здійснення експортної діяльності. Експортну діяльність здійснюють практично кожен із цукрових заводів, серед яких і ТОВ «Продовольча компанія “Зоря Поділля”». З часу заснування завод належав французьким капіталістам — Галло, Салокруппу де Молінарі. Директором був француз Тронкуа. Протягом громадянської війни до 1922 р. завод не працював. На заводі організували підсобні цехи: млин, соломорізка тощо. Восени 1923 р. зусиллями колективу завод був відновлений і 27 жовтня 1923 року завод знову запустили після п'ятирічної перерви. Протягом 1924—1999 рр. завод працював стабільно, поступово відбувалось оновлення обладнання: був встановлений новий дифузійний апарат ДС-8 потужністю 2 тис. тонн буряка за добу, реконструйовано бурякопереробний цех тощо.

Починаючи з 2000 р., завод було придбано компанією «УКРПРОМІНВЕСТ-АГРО» і у 2006 р., після чотирьох років простою, розпочалась реалізація потужної програми модернізації, підвищення добової потужності. З 2007 р. і донині впроваджуються заходи, що сприяють виведенню підприємства на європейські показники роботи.

ТОВ «Продовольча компанія “Зоря Поділля”» має високий рівень спеціалізації, адже на ньому виробляють переважно один вид продукції – цукор та побічні продукти: мелясу і жом. ТОВ «Продовольча компанія “Зоря Поділля”» близько 30% своєї продукції експортує за кордон.

Обсяги експорту цукру ТОВ «Продовольча компанія “Зоря Поділля”» наведено у табл. 1.

Отже, найбільшу частку експорту цукру у 2016 р. займали такі три країни: Польща — (30%), Канада — (28%), Молдова — (24%). У 2017 р. трійка лідерів-експортерів цукру не змінилась, але експорт у Польщу скоротився на 6%, у Молдову також на 6%. Збільшився експорт до Мальти — на 6%. Не менш важливим фактором є те, що розпочалась співпраця з Панамою, експорт до якої склав 11%.

Таблиця. Обсяги експорту цукру ТОВ «Продовольча компанія “Зоря Поділля”» за 2016—2017 рр., розраховано авторами на основі даних підприємства

Країни	2016		2017		Відхилення, +; –	
	тис. грн	Питома вага, %	тис. грн	Питома вага, %	тис. грн	За питомою вагою
Польща	75219	30	185759	24	110540,5	–6
Канада	70204	28	154800	20	84595,2	–8
Молдова	60175	24	139320	18	79144,4	–6
Мальта	25073	10	123840	16	98766,6	6
Панама	0	0	85140	11	85139,7	11
Інші країни	20059	8	85140	11	65080,3	3
Всього	250730	100	773997	100	523267,8	0

Вітчизняний ринок недостатньо місткий та нездатний поглинути всю запропоновану продукцію, що примушує підприємства виходити на зовнішні ринки, конкуренція на яких значно вища. Тому для забезпечення ефективної зовнішньоекономічної діяльності підприємству необхідно обрати стратегічний напрямок розвитку, згідно з яким воно зможе досягти довгострокових конкурентних переваг.

Проведене дослідження дає змогу сформулювати основні напрямки розвитку ЗЕД підприємства: визначення напрямку міжнародної спеціалізації; оцінювання економічної ефективності експорту продукції; аналіз кон'юнктури ринку основних товарів, що експортуються підприємством; розроблення системи заходів впливу на експортно-імпортну діяльність, у тому числі і щодо захисту інтересів за кордоном; формування територіально-географічних пріоритетів з урахуванням як економічних, так і геополітичних факторів; удосконалення механізму управління ЗЕД; узгодження заходів у сфері ЗЕД з цілями і завданнями стратегії розвитку підприємства.

При цьому потрібно постійно контролювати процес здійснення співпраці із закордонними партнерами та намагатись постійно шукати нові інструменти, які сприятимуть удосконаленню експортної діяльності та забезпечать перевагу відносно конкурентів.

Висновки

Отже, експорт товарів повинен здійснюватися відповідно до певних вимог, які визначені в законодавстві тієї чи іншої країни та не суперечить нашому законодавству.

Процес здійснення експортної діяльності підприємства є досить складним. Для того, щоб оцінити ефективність здійснення експортної діяльності, необхідно порівняти досягнуті результати із попередніми періодами здійснення експорту. Потрібно також пам'ятати про конкурентне середовище, яке вимагає постійного вдосконалення якості, умов ведення бізнесу, пошуку нових інструментів розвитку підприємства та виведення його на нові ринки, що сприятиме підвищенню ефективності експортної діяльності.

Експортна діяльність підприємств може здійснюватися за рахунок двох методів: прямий, через посередника. На нашу думку, в сучасних мовах більш ефективним методом здійснення експортної діяльності є прямий метод,

незважаючи на те, що при цьому потрібно створювати додатково експорту службу. Це зумовлено тим, що підприємство зможе напряму працювати з покупцями, що, у свою чергу сприятиме налагодженню взаємовідносин із замовниками, отриманню нових знань, вмінь, досвіду, співпраці з іноземцями, які можна використати в подальшій діяльності.

У процесі оцінки ефективності експортної діяльності слід враховувати особливості кожного підприємства та специфіку здійснення експортної діяльності.

Література

1. Ажнюк М.О., Передрій О.С. Основи економічної теорії: навч. посіб. Київ: Знання, 2008. 252 с.
2. Бахчеванова Н.В., Макуха С.М. Міжнародні економічні відносини: навч. посіб. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. 101 с.
3. Голуб К.Ю. Приоритеты правовой политики в сфере внешнеэкономической деятельности. *Современное право*. 2011. № 7. С. 34—36
4. Гражевська Н.І., Трохименко В.І. Інституційна зміна світової економіки за умов фінансової глобалізації. *Фінанси України*. 2013. № 5. С. 58—68.
5. Довгополов А.А. Глобальные проблемы мировой экономики. *Евразийский юридический журнал*. 2010. № 2. 55 с.
6. Клинов В. Особенности современной динамики мирового хозяйства. *Вопросы экономики*. 2010. № 9. С. 78—92.
7. Кулішов В.В. Дослідження сучасної світової глобалізації в економічних процесах. *Вища школа*. 2011. № 9. 85 с.
8. Омельченко А.В. Система та правовий статус суб'єктів ЗЕД в Україні. *Адвокат*. 2011. № 7. С. 26—30.
9. Ревуцький С.Ф. Теоретичні засади поняття та сутності розвитку світової економіки. *Теорія і практика інтелектуальної власності*. 2011. № 2. С. 30—33.
10. Тюрина Н.Е. Международное экономическое сотрудничество государств и некоторые вопросы теории международного права. *Известия вузов. Правоведение*. 2012. № 1. С. 155—169.

STATE, TRENDS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF UKRAINIAN EXPORT AGRICULTURAL PRODUCTS

I. Tyukha, T. Polynchik-Yarova

National University of Food Technologies

Key words:

*Export
Agricultural products
Export product structure
Geographic structure of
export
Export development*

Article history:

Received 15.01.2019
Received in revised form
01.02.2019
Accepted 15.02.2019

Corresponding author:

I. Tyukha
E-mail:
tykhaiv@outlook.com

ABSTRACT

The paper presents the results of research of the dynamics of export supply of goods from Ukraine in 2002—2018 and the place of production of agrarian and industrial complex in the total export. It was established that the agro-industrial complex is one of the main budget-forming sectors of the national economy, with a share in the commodity structure of exports of more than 25%. The instability of competitive positions of domestic agricultural products at foreign markets was revealed and internal constraints were noted.

The goods which are the most competitive in the world markets of agrarian production are determined. It was established that the largest volumes of currency earnings are characterized by grain crops, seeds and oilseeds and residues and wastes of the food industry; ready feed. The expediency of optimization of the structure of export of products of the agro-industrial complex as the main condition for Ukraine's entry into the system of international economic relations and the use of the advantages of international trade is substantiated.

The geographical structure of export of agricultural products and the part of the main importing countries of goods from Ukraine in 2002—2018 have been investigated. Comparison of Ukrainian export commodity value indices in 2010 and 2017 relative to 2002 has been made and it has been established that currency revenues grew at a higher rate from exports of goods to India, Egypt and Poland.

The factors contributing to the development of the agrarian economy of the country and factors hindering the increase of production and export growth are considered. It was noted that when forming an effective structure of export of agricultural products, it is necessary to take into account the general laws of the development of the world economy, the existing competitive advantages, the state of real demand for products, provide for the maximum benefit and the equivalence of international exchange, taking into account the classification of export goods. Proposed directions of development of export of domestic agricultural products to the foreign market are offered in conditions of increasing global challenges.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-7

СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКОГО ЕКСПОРТУ ПРОДУКЦІЇ АПК

І.В. Тюха, Т.В. Полінчик-Ярова

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати досліджень динаміки експортних поставок товарів з України у 2002—2018 рр. та місце продукції АПК в загальному експорті. Встановлено, що агропромисловий комплекс є одним з основних бюджетоутворюючих секторів національної економіки з часткою у товарній структурі експорту понад 25%. Виявлено нестабільність конкурентних позицій вітчизняної сільськогосподарської продукції на зовнішніх ринках і відзначено внутрішні стримуючі чинники.

Визначено товари, які є найбільш конкурентоспроможними на світових ринках аграрної продукції. Встановлено, що найбільшими обсягами валютної виручки характеризуються зернові культури, насіння і плоди олійних рослин та залишки і відходи харчової промисловості, готові корми. Обґрунтовано доцільність оптимізації структури експорту продукції агропромислового комплексу, як головної умови для входження України в систему міжнародних господарських зв'язків і використання переваг міжнародної торгівлі.

Досліджено географічну структуру експорту продукції АПК та частку основних країн-імпортерів товарів з України у 2002—2018 рр. Проведено порівняння індексів вартості українського експорту товарів у 2010 та 2017 роках відносно 2002 року та встановлено, що найбільшими темпами валютна виручка зростала від експорту товарів до Індії, Єгипту та Польщі.

Розглянуто чинники, що сприяють розвитку аграрної економіки країни та фактори, що перешкоджають збільшенню виробництва й нарощуванню експорту. Зауважено, що при формуванні ефективної структури експорту продукції АПК слід враховувати загальні закономірності розвитку світової економіки, наявні конкурентні переваги, стан реального попиту на продукцію, передбачати отримання максимальної вигоди та еквівалентність міжнародного обміну з урахуванням класифікації експортних товарів. Запропоновано перспективні напрями розвитку експорту вітчизняної агропромислової продукції на зовнішній ринок в умовах посилення глобальних викликів.

Ключові слова: експорт, продукція АПК, продуктова структура експорту, географічна структура експорту, розвиток експорту.

Постановка проблеми. Проблема розширення експортних можливостей та розвитку експортного потенціалу підприємств агропромислового сектору України є складною і різновекторною. Її вирішення вимагає системного підходу та реалізації комплексу організаційно-економічних, управлінських і техніко-технологічних заходів, що сприятимуть посиленню конкурентних переваг продукції АПК на зовнішньому ринку. Основними детермінантами успіху в умовах глобального поступу стають структурна перебудова зовнішньоекономічного потенціалу зі стратегічною орієнтацією на експорт конку-

рентоспроможної агропродовольчої продукції та визначення перспективних ринків збуту. Важливість цього питання, його практична значущість та актуальність не викликає жодних сумнівів та усвідомлюється всіма вченими-економістами та практиками, що й обумовило вибір теми дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми, пов'язані з розвитком експортних операцій, знайшли відображення у працях таких вчених-дослідників: І.В. Багрової, А.С. Булатової, І.Г. Бураковського, П.Л. Гордієнко, О.І. Дегтярьова, А.М. Кандиби, В.О. Кириченко, П.Г. Клівець, А.В. Ковалевської, Ю.В. Макогона, В.Є. Новицького, І.О. Піддубного, В.В. Покровської, Т.Л. Попова, В.І. Рибалкіна, А.П. Рум'янцева та інших.

Метою статті є з'ясування місця продукції АПК в загальному експорті, оцінка його ефективності та визначення пріоритетних напрямів розвитку експорту продукції АПК вітчизняних підприємств в умовах посилення глобальних викликів.

Викладення основних результатів дослідження. Аграрний сектор України, базовою складовою якого є сільське господарство, формує продовольчу та у визначених межах економічну, екологічну й енергетичну безпеку, забезпечує розвиток технологічно пов'язаних галузей національної економіки та створює соціально-економічні умови сільського розвитку.

Агропромисловий комплекс дає близько 9—13% валової доданої вартості країни, є одним з основних бюджетоутворюючих секторів національної економіки, частка якого у зведеному бюджеті України за останні роки становить в середньому 20%, а у товарній структурі експорту — понад 25%, забезпечуючи перше місце на світовому ринку олії соняшникової, друге місце — за експортом зернових (без рису) [7].

Експортний потенціал України у сфері агропромислового комплексу є досить значним завдяки багатим природним ресурсам, вигідному географічному розташуванню, вагомому людському капіталу, поступово зростаючій інвестиційній привабливості, збереженому укладу сільського життя та багатовіковим традиціям ведення сільського господарства. Проте конкурентні позиції вітчизняної сільськогосподарської продукції на зовнішніх ринках не є стабільними внаслідок незавершеності процесів адаптації до європейських вимог щодо якості та безпечності харчових продуктів, жорсткої конкуренції, значних коливань цін на світовому ринку, нестійкості торговельних відносин з країнами-імпортерами. Серед внутрішніх стримуючих чинників слід відзначити низькі темпи техніко-технологічного оновлення виробництва, зростання рівня зношеності техніки, переважне використання застарілих технологій, збільшення вартості невідновних природних ресурсів у структурі собівартості виробництва вітчизняної сільськогосподарської продукції, зростання залежності виробництва від природно-кліматичних умов, обмежений доступ до фінансових ресурсів.

У світовому співтоваристві Україну визнають як потенційного лідера з виробництва сільськогосподарської продукції та основних продуктів харчування: зерна, цукру, олії, м'яса, продуктів переробки молока тощо [2]. Але реалізація цього потенціалу вимагає докладання великих зусиль. Україна підтвердила та підтверджує свій статус надійного постачальника сільськогосподарської

продукції на світові ринки, успішно експортуючи продукцію агропромислового комплексу до майже 190 країн світу [2].

Оптимізація структури експорту — це головна умова для входження України в систему міжнародних господарських зв'язків і використання переваг міжнародної торгівлі. Зволікання з визначенням ефективної структури не на користь розвитку зовнішньоекономічної діяльності. Проте слід зробити акцент на тому, що формування структури має ґрунтуватися на загальній закономірності розвитку світової економіки, конкурентних перевагах, наявності реального високого попиту на товари, отриманні максимальної вигоди та еквівалентність міжнародного обміну товарами з урахуванням класифікації експортних товарів (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація експортних товарів АПК України

Група експортних товарів	Класифікаційна характеристика	Види товарів
Експортно-орієнтовані товари	Товари, вироблені в обсягах, що відповідають нормам та фактичному рівню споживання в Україні або мають можливості перевищити ці рівні; товари, виробництво яких є досить ефективним і конкурентоспроможним на світовому ринку	Яловичина, сухе молоко, вершкове масло, пшениця, кукурудза, сир, цукор
Експортні товари-лідери	Товари, які виробляються в кількості, що перевищує норми і фактичний рівень споживання в Україні; товари, які мають найбільші порівняльні переваги на світовому ринку; товари, які займають найбільшу питому вагу в товарній структурі експорту	Соняшникова олія, ячмінь, насіння соняшнику

З огляду на наведену класифікацію слід зауважити, що передусім необхідно нарощувати виробництво й експорт тих товарних позицій, які мають найбільшу конкурентоспроможність на світових ринках і можуть в достатній кількості вироблятися в Україні. Тобто група експортних товарів-лідерів і надалі повинна залишатися домінуючою складовою товарної структури експорту.

Для формування ефективної товарної структури українського експорту продукції АПК та реалізації можливостей експортного потенціалу країни, визначимо товари, які є найбільш конкурентоспроможними на світових ринках аграрної продукції (табл. 2).

Таблиця 2. Основні групи товарної структури українського експорту з 2002 р. по січень—травень 2018 р., млн дол. США [7]

Показник	2002	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Січень—травень 2018 р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Усього	17957,09	50744,29	67594,10	67779,84	62305,93	53901,69	38127,15	36361,71	43264,74	19460,14
у тому числі										
02 м'ясо та істивні субпродукти	209,49	90,02	197,64	315,68	348,47	381,78	377,67	387,79	531,24	247,51

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
04 молоко та молочні продукти, яйця птиці; натуральний мед	144,78	648,68	702,68	611,46	691,53	575,43	386,48	330,52	494,21	194,25
07 овочі	27,37	118,44	132,85	132,36	111,05	129,86	97,21	152,65	235,37	74,45
08 істівні плоди та горіхи	35,94	208,40	217,01	197,72	137,89	148,19	154,08	148,22	195,29	83,79
10 зернові культури	997,71	2447,13	3604,48	6970,36	6351,70	6544,13	6057,49	6073,92	6501,13	2750,89
12 насіння і плоди олійних рослин	42,49	1081,07	1431,31	1752,08	2044,81	1687,72	1475,46	1535,00	2060,12	623,84
17 цукор і кондитерські вироби з цукру	112,23	206,43	241,79	341,20	259,30	147,09	169,51	352,01	417,35	162,49
19 готові продукти із зерна	28,58	253,94	338,44	394,92	412,32	390,13	267,92	212,45	296,41	105,43
22 алкогольні і безалкогольні напої та оцет	85,93	414,44	363,93	367,28	361,95	251,28	183,61	163,81	209,24	95,87
23 залишки і відходи харчової промисловості; готові корми для тварин	82,37	477,46	625,56	877,47	921,34	1108,25	995,78	982,98	1051,17	513,90

Серед основних груп товарної структури українського експорту з 2002 р. по січень—травень 2018 р. слід відзначити ті, що характеризуються найбільшими обсягами валютної виручки:

- 10 — зернові культури;
- 12 — насіння і плоди олійних рослин;
- 23 — залишки і відходи харчової промисловості; готові корми.

З табл. 2 видно, що обсяги експорту обмежуються занадто вузькою номенклатурою товарів: зернові культури, жири та олії, молочні продукти, м'ясо, насіння олійних культур. Питома вага цієї групи товарів у загальних обсягах експорту становить понад 65%. У той же час в АПК товарних видів продукції виробляється в 5 разів більше тих найменувань, які визначають формування експортного потенціалу. Позитивним є зростання частки сільськогосподарської продукції в загальному обсязі експортної виручки. Так, частка продукції АПК у структурі експортної виручки України зросла з 13,3% у 2002 р. до 41,04% у 2017 р. [7; 10].

За підсумками 2017 р. Україна експортувала агропромислової продукції (групи 1—24 УКТЗЕД) на суму 17,8 млрд дол. США. Цей результат став другим за всю історію незалежності, поступившись досягнутим у 2012 р. обсягам експорту (17,9 млрд дол. США). Ключовими продуктами вітчизняного аграрного експорту традиційно стали зернові та олійні культури, соняшникова олія і продукція харчової промисловості, на які припадає близько 90%

його вартості. У 2017 р. Україна оновила рекорд експорту зернових. Поставки українського збіжжя на ринки країн світу склали 41,8 млн тонн, з них кукурудзи — 19,4 млн тонн, пшениці — 17 млн тонн, ячменю — 4,9 млн тонн.

Рекордним 2017 р. також став для експорту сої (2,9 млн тонн), соняшникової олії (5,8 млн тонн), цукру (майже 600 млн тонн) та макухи (4,9 млн тонн). Також у 2017 р. помітно збільшилися й зарубіжні поставки тваринницької продукції. Абсолютні рекорди були зафіксовані в експорті м'яса птиці (271 тис. тонн), яєць (92 тис. тонн), вершкового масла (30 тис. тонн) та меду (68 тис. тонн) [10].

Крім того, у 2017 р. Україна поставила до ЄС продукції агропромислового комплексу на 5,8 млрд дол. США, перевищивши рекордні показники експорту в цей регіон у 2012—2013 рр. (5 млрд дол. США) і сягнувши найвищого за часів незалежності показника.

До трійки лідерів українського аграрного експорту у 2017 р. ввійшли: олія соняшникова (24% від загального), кукурудза (17%) та пшениця (15%). Крім зазначених товарів, до десятки провідних експортних позицій належать також соєві боби, насіння ріпаку, тверді відходи від вилучення рослинних олій (макуха, шрот), ячмінь, м'ясо та субпродукти птиці, цукор і тютюнові вироби.

Загалом питома вага ТОП-10 аграрної експортної продукції становить 81% від загальної вартості українського експорту за 2016 р. (рис.).



Рис. ТОП-10 товарів аграрного експорту у 2017 р. [10]

Зростання обсягів аграрного експорту у 2017 р. відносно 2016 р. у ТОП-10, головним чином, обумовлено збільшенням кількості проданих товарів у натуральному виразі. Найбільший приріст експорту у натуральному виразі мали насіння ріпаку (у 2,1 раза), цукор (на 28,5%), олія соняшникова (на 18,9%), а також макуха і шрот (на 19,1%).

У табл. 3 наведено десять найбільших країн-імпортерів української продукції у 2002—2018 рр.

Таблиця 3. Частка ТОП-10 країн-імпортерів товарів з України у 2002—2018 рр. [7; 10]

Країна-контрагент	2002	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Січень-травень 2018 р
Єгипет	1,77	2,60	1,97	4,25	4,36	5,31	5,45	6,23	4,23	3,92
Індія	0,88	2,74	3,31	3,35	3,14	3,37	3,79	5,23	5,10	5,53
Іспанія	2,08	0,79	1,42	2,26	1,57	2,16	2,74	2,76	2,91	2,75
Італія	4,62	4,73	4,48	3,62	3,75	4,58	5,19	5,31	5,71	6,04
Китай	3,90	2,59	3,20	2,58	4,32	4,96	6,29	5,04	4,71	4,40
Нідерланди	1,59	1,02	1,22	1,22	1,66	2,05	2,38	2,74	3,87	3,29
Німеччина	4,21	2,90	2,54	2,36	2,49	2,95	3,48	3,92	4,05	4,00
Польща	2,82	3,52	4,13	3,79	4,09	4,91	5,19	6,05	6,30	7,01
Російська Федерація	17,76	26,10	28,98	25,56	23,73	18,18	12,66	9,88	9,10	7,78
Туреччина	6,88	5,89	5,46	5,35	6,02	6,61	7,27	5,64	5,82	6,15

Серед зазначених країн найбільша питома вага українського експорту товарів припадає на Російську Федерацію, Туреччину та Польщу. Динаміка експортних поставок протягом досліджуваного періоду до зазначених країн була різною. Так, хоча Російська Федерація була і залишається найбільшим імпортером української продукції, її частка щорічно зменшується через відомі політичні причини. Експорт до інших країн-контрагентів характеризується позитивними темпами зростання (табл. 4).

Таблиця 4. Індекси вартості українського експорту товарів в розрізі ТОП-10 країн-контрагентів у 2002—2018 рр. [7]

Країна-контрагент	2010/2002	2011/2010	2012/2011	2013/2012	2014/2013	2015/2014	2016/2015	2017/2016	2017/2002
Єгипет	4,15	1,01	2,17	0,94	1,05	0,73	1,09	0,81	5,75
Індія	8,82	1,61	1,02	0,86	0,93	0,80	1,32	1,16	13,97
Іспанія	1,08	2,39	1,59	0,64	1,19	0,89	0,96	1,25	3,38
Італія	2,89	1,26	0,81	0,95	1,06	0,80	0,97	1,28	2,98
Китай	1,88	1,64	0,81	1,54	0,99	0,90	0,76	1,11	2,91
Нідерланди	1,81	1,59	1,01	1,25	1,07	0,82	1,10	1,68	5,88
Німеччина	1,95	1,17	0,93	0,97	1,03	0,84	1,07	1,23	2,32
Польща	3,53	1,56	0,92	0,99	1,04	0,75	1,11	1,24	5,38
Російська Федерація	4,15	1,48	0,88	0,85	0,66	0,49	0,74	1,10	1,23
Туреччина	2,42	1,23	0,98	1,04	0,95	0,78	0,74	1,23	2,04

Порівнюючи індекси вартості українського експорту товарів у 2010 р. та 2017 р. відносно 2002 р., слід відзначити, що найбільшими темпами валютна виручка зростає від експорту товарів до Індії (у 8,82 раза у 2010 р. та у 13,97 раза у 2017 р.), Єгипту (у 4,15 раза у 2010 р. та у 5,75 раза у 2017 р.) та Польщі (у 3,53 раза у 2010 р. та у 5,38 раза у 2017 р.). Індекси вартості інших періодів не мали значних динамічних відривів. Крім того, слід відзначити неоднорідність показників динамічного ряду, що свідчить про відсутність у державі системного підходу щодо реалізації експортної діяльності агропромислового комплексу України.

Каталізатором експорту агропромислової за досліджуваний період стало укладання Україною 16 угод про вільну торгівлю, які покривають 45 країн світу [12].

Серед зазначених угод найбільш широку зону вільної торгівлі передбачає угода, укладена між Україною і Європейським Союзом. Згідно з положеннями угоди про поглиблену та всеохоплюючу зону вільної торгівлі (ПВЗВТ) встановлення безмитних тарифних квот ЄС передбачено для 36 видів товарів АПК (яловичина, свинина, м'ясо баранини, м'ясо птиці, молоко, вершки, йогурти, зернові, висівки, мед, цукор, крохмаль, гриби, часник, солод, виноградний і яблучний соки, вершкове масло, цигарки, етанол, яйця та альбуміни тощо). При цьому для м'яса свинини, м'яса птиці, грибів, яєць та альбумінів встановлено додаткові тарифні квоти. Крім того, для 18 товарів тарифні квоти передбачають збільшення обсягів впродовж 5 років з дати застосування торговельних положень Угоди [1; 14].

Зростанню інтенсивності експортних поставок сприяло також отримання можливості вітчизняними експортерами користуватися Генеральною системою преференцій США, в рамках якої передбачено безмитний експорт близько 5000 видів товарів.

Ще одним сприятливим для розвитку експорту чинником стало зростання попиту на органічну продукцію з України. Європейські компанії розглядають Україну як важливого стратегічного партнера у постачанні органічної продукції на заміну сировини з Китаю. Вигідне географічне розташування України дає змогу здійснювати постачання як автомобільним або залізничним транспортом, так і морським шляхом — судном або баржею. Навіть ті закордонні підприємства, що раніше займалися переробкою виключно традиційної (неорганічної) сировини, почали інвестувати в напрямок «органік» і виокремлювати місце під органічні лінії переробки [3].

Освоєння нових ринків вимагає впровадження новітніх технологій, напрацювання нових експортних зв'язків і пошук нових напрямів для експорту. Основними напрямками, які слід розглядати, є середня Азія, Казахстан, Узбекистан, Азербайджан, країни Кавказу. Цікавими з точки зору експорту є країни Західної Африки та Південно-Східної Азії. До них можна постачати сухе молоко, масло та м'ясні напівфабрикати. Важливими є країни Північної Африки та Близького Сходу. Варто виділити ринки Північно-Східної Азії — Китай, Південну Корею, Японію, Філіппіни та Індонезію. Натомість ринки ЄС не можна розглядати як пріоритетні через інтенсивність конкурентної боротьби на них [6].

Перспективним регіоном є країни MENA (Middle East and North Africa). Серед цих країн варто виокремити Єгипет. По-перше, ця країна є лідером з імпорту української продукції на свій ринок і надійним партнером України в аграрній сфері. По-друге, відкриття нового русла Суецького каналу у 2015 р. розширило можливості експорту до Африки. Запуск каналу має активізувати співпрацю між Україною та Єгиптом і збільшити кількість транзитних кораблів. Достатньо містким ринком для збуту української продукції АПК є Ізраїль, з яким в активній стадії відбувається підготовка до ратифікації зони вільної торгівлі [5; 6].

Представимо напрями реалізації експортного потенціалу продукції АПК в розрізі окремих продуктів. Так, перспективними для експорту українських

молочних продуктів є ринки Китаю та країн Персидської затоки. На них існує незадоволений попит на ультрапастеризоване молоко, сухе знежирене молоко, технічний і харчовий казеїн. Експорт кормів для тваринництва буде виправданий для ринків Саудівської Аравії, а української м'ясної продукції — для ринків таких країн, як Гонконг, Південна Корея, В'єтнам і Катар. Експорт на ринок ЄС має нішевий характер, тож переважає продукція *superfood* — продукти здорового харчування (горіхи, насіння льону, коноплі, мед тощо), органічних продуктів, фруктів, овочів, продуктів їх переробки та дитячого харчування [1; 5; 8; 13].

Досить перспективними ринками збуту окремих видів української сільськогосподарської продукції є країни Азії. Потенційними споживачами ячменю є Саудівська Аравія, Китай, Японія, Ізраїль, Сирійська Арабська Республіка, а потенційними імпортерами вітчизняної пшениці — Китай, Японія, Індонезія, Малайзія, сухого молока — Філіппіни, Таїланд, Індонезія, Малайзія. Також щорічно Алжир, Єгипет, Марокко, Нігерія та деякі інші країни Африки імпортують значні обсяги агропродовольчих товарів, зокрема пшениці, кукурудзи, цукру, соняшникової олії, сухого молока [13].

При розробці ефективної географічної структури експорту Україна повинна, з одного боку, зберігати традиційні ринки збуту продукції, з іншого — цілеспрямовано освоювати нові потенційні та перспективні ринки. Особливу увагу необхідно приділити розвитку взаємовідносин в агропродовольчій сфері з країнами, які є найбільшими імпортерами продукції АПК у світі. До потенційних споживачів українського експорту продукції АПК слід віднести країни, які, по-перше, залежать від імпорту продовольчих і сільськогосподарських товарів; по-друге, мають тенденцію до підвищення попиту на цю продукцію завдяки високим темпам економічного розвитку. До таких країн належать країни Близького Сходу, Азії та Північної Африки.

Розвиток тісних економічних відносин з країнами Близького Сходу (Іран, Кувейт, Саудівська Аравія та ін.), які не мають природно-кліматичних умов для виробництва більшості агарних товарів, є перспективним, адже вони мають можливість їх імпорту завдяки доходам від експорту нафти. Товарна номенклатура імпортих продовольчих потреб цих країн значною мірою збігається зі структурою українського експорту, а українські товари в цілому конкурентоспроможні в цьому регіоні.

Що стосується країн СНД (традиційних ринків збуту), то зусилля України мають бути спрямовані на активізацію торгівлі на взаємовигідних умовах. Експортну структуру в ці країни й надалі повинні формувати м'ясо і м'ясопродукти, кондитерські вироби, продукція зернопромислового комплексу, соняшникова олія, молочна та плодоовочева продукція. Однак необхідно уніфікувати технічні умови виробництва і стандарти.

Розвиток економічного співробітництва з європейськими країнами і США дасть можливість вивести українських товаровиробників на надзвичайно розвинені, але досить вимогливі і жорсткі агропродовольчі ринки, конкуренція на яких буде стимулювати якісне оновлення виробництва в АПК. Структура експортних поставок Україною в ці регіони повинна і далі складатись з пшениці, сирів, молока і вершків згущених, кукурудзи тощо.

Висновки

Необхідною умовою інтенсифікації зовнішньоекономічної діяльності АПК на сучасному етапі стає насамперед підвищення ефективності використання її експортного потенціалу. Метою нарощування експортного потенціалу є створення умов для входження України в систему міжнародних господарських зв'язків і використання переваг міжнародної торгівлі при вирішенні завдань економічного розвитку держави за рахунок розширення обсягів, поліпшення структури та умов збуту вітчизняної продукції на зовнішніх ринках.

При формуванні механізмів державного регулювання експорту потрібно врахувати слабкість держави, нездатність підтримувати на належному рівні правову, виконавчу, платіжну та податкову дисципліни. Важливо підкреслити, що держава тільки створює відповідні умови для виникнення і поліпшення чинників конкурентних переваг, а переваги створюються безпосередньо товаровиробниками.

Для реалізації експортного потенціалу продукції АПК необхідно здійснювати фінансову підтримку вітчизняних експортерів, удосконалювати правове регулювання в зовнішній торгівлі, поліпшити інформаційне забезпечення зовнішньоекономічної діяльності.

Література

1. FAQ з питань функціонування вільної торгівлі між Україною та ЄС. URL: <http://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=b142801e-b932-4207-aea9-df3728dad379&title=FAQZPitanFunktsionuvanniaVilnoiTorgivliMizhUkrainoiuTas>.
2. Державна цільова програма розвитку аграрного сектору економіки на період до 2021 року. URL: <http://minagro.gov.ua/apk?nid=24198>.
3. Експорт органіки: інструкції для компаній. URL: <http://agravery.com/uk/posts/-author/show?slug=ekspost-organiki-instrukcii-dla-kompanij>.
4. Концепція Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року. URL: <http://minagro.gov.ua/apk?nid=16822>.
5. Культури і країни з найбільшим експортним потенціалом для України. URL: <http://a7d.com.ua/novini/40532-kulturi-krayini-z-nayblshim-ekspornim-potencalom-dlya-ukrayini.html>.
6. Основні експортні напрямки української аграрної продукції — ЄС, країни Азії та Африки. URL: <http://infoindustria.com.ua/osnovni-ekspornii-napryamki-ukrayinskoyi-agrarnoyi-produktsiyi-es-krayini-aziyi-ta-afriki>.
7. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua>.
8. Плодоовочеві лідери на зовнішніх ринках: що і куди постачати? [URL: <https://grow-how.in.ua/plodoovochevi-lidery-na-zovnishnih-rynkah-shho-i-kudy-postachaty>].
9. Реутов В.С. Стратегічні напрями розвитку зовнішньоекономічної діяльності агропродуктового ринку України. *Агросвіт*. № 4, 2012. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/4_2012/2.pdf.
10. Топ-10 товарів аграрного експорту з України у 2017 URL: <http://agravery.com/uk/posts/show/top-10-tovariv-agrarnogo-eksportu-z-ukraini-u-2017>.
11. Україна зможе експортувати м'ясо до Катару. URL: <http://agro-yug.com.ua/archives/10461>.
12. Україна має ЗВТ з 45 країнами. — Мінекономрозвитку URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2017/08/7/627817>.
13. Шість експортних орієнтирів для АПК. URL: <https://agropolit.com/blog/22-shist-ekspornih-oriyentiriv-dlya-apk>.
14. Щодо угод про вільну торгівлю (УВТ). URL: <https://mfa.gov.ua/ua/about-ukraine/economic-cooperation/trade-agreements>.
15. Як українському аграрному бізнесу вийти з кризи. URL: <http://agravery.com/uk/posts/show/ak-ukrainskomu-agrarnomu-biznesu-vijiti-z-krizi>.

УДК 640.43(045)

CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE RESTAURANT INDUSTRY IN UKRAINE

O. Pahomska

Vinnitsia Institute of Trade and Economics KNTEU

Key words:

*Restaurant economy
Services
Restaurant
Development trends
Innovative approaches
Catering*

Article history:

Received 16.01.2019
Received in revised form
01.02.2019
Accepted 14.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The purpose of the paper is to study the current state of the restaurant industry of Ukraine, as well as to identify the main trends in the functioning of the restaurant network in Ukraine in the near future. The restaurant household of Ukraine is the sphere of people's activity, that is quickly develops in the recent years. In the civilized world it is one of the most widespread form of the small business, that is why there is struggle for the best position at the market and the future prospects.

The main tendencies in the development of the restaurant business are described. A sphere of restaurant economy is a part of sphere of domestic trade which provides organization of feed with leisure or without it for different people, and on the other hand, it is a sphere, which is involved in the export of services by giving them not only to local population but also to foreign tourists, during international airflights, sea cruise, on territories of other countries of the world. It combines different organizational forms of management, including that, where the objects of restaurant economy function in form of hospitals, boarding-schools, children's houses, educational establishments, industrial enterprises, and others. The paper explores the basic complex of various services, which the consumers are provided with by the institutions of the restaurant industry. It has been determined that the positive consequences of the development of the restaurant industry in Ukraine are: significant saving of social labour due to the rational use of technologies, feedstock and materials; providing customers with hot meals during the working day, which increases their working efficiency and promotes health; possibility of organizing balanced meals in children's and educational institutions. Keeping the best traditions of national kitchen establishments of restaurant economy are the visiting-card of hospitality of every city and all Ukraine, by the popular form of leadthrough and intercourse, sign of prestige and welfare.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-8

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА В УКРАЇНІ

О.В. Пахомська

Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

Метою статті є дослідження сучасного стану розвитку ресторанного господарства України, а також визначення основних тенденцій функціонування мережі закладів ресторанного господарства України у найближчій перспективі. Ресторанне господарство України — це сфера людської діяльності, що в останні роки швидко розвивається. У всьому цивілізованому світі воно є одним із найбільш розповсюджених видів малого бізнесу, тому між закладами та підприємствами постійно точиться боротьба за оптимальне позиціонування на ринку та найбільш перспективні його сегменти, за пошук нових та утримання постійних клієнтів.

Охарактеризовано основні тенденції розвитку ресторанного бізнесу. Сфера ресторанного господарства — складова сфери внутрішньої торгівлі, що забезпечує організацію харчування з дозвіллям або без нього різних контингентів споживачів, а з іншого — сфера, що задіяна в експорті послуг шляхом надання їх не тільки місцевому населенню, але й іноземним туристам, під час міжнародних авіаперельотів, морських круїзів, на територіях інших країн світу. Вона поєднує в собі різні організаційні форми господарювання, в тому числі ті, де об'єкти ресторанного господарства функціонують у формі підрозділів лікарень, інтернатів, дитячих будинків, навчальних закладів, промислових підприємств тощо. Досліджено основний комплекс різноманітних послуг, що надається закладами ресторанного господарства споживачам. З'ясовано, що позитивними наслідками розвитку ресторанного господарства в Україні є істотна економія суспільної праці завдяки раціональнішому використанню техніки, сировини, матеріалів; надавання відвідувачам протягом робочого дня гарячої їжі, що підвищує їхню працездатність, зміцнює здоров'я; можливість організації збалансованого раціонального харчування в дитячих і навчальних закладах. Зберігаючи кращі традиції національної кухні, заклади ресторанного господарства є візитною карткою гостинності кожного міста та й усієї України, популярною формою проведення та спілкування, ознакою престижу і добробуту.

Ключові слова: *ресторанне господарство, послуги, ресторан, тенденції розвитку, інноваційні підходи, організація харчування.*

Постановка проблеми. Ресторанне господарство України — це сфера людської діяльності, що в останні роки швидко розвивається. У всьому цивілізованому світі воно є одним із найбільш розповсюджених видів малого бізнесу, тому між закладами та підприємствами постійно точиться боротьба за оптимальне позиціонування на ринку та найбільш перспективні його сегменти; за пошук нових та утримання постійних клієнтів [1]. Дослідження свідчать, що український ресторанний ринок розвивається дуже динамічно: збільши-

лась кількість ресторанів та інших підприємств ресторанного господарства; поліпшилися їхній зовнішній вигляд та асортимент пропонованих страв і напоїв. Однак до повного насичення ще далеко. Відомо, що в Америці на 600—700 мешканців припадає один ресторан, а в Києві — один на 3,5 тисячі. Результати досліджень свідчать, що Україна посідає 74-е місце серед 162 країн світу за міжнародним рейтингом розвитку нових технологій ресторанної справи (США посідає 6-е місце в цьому рейтингу, Росія — 55-е, абсолютними лідерами є Японія, Франція) [2]. З огляду на це дослідження сучасного стану та перспективи розвитку ресторанного господарства України є актуальними і мають вагоме практичне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати дослідження розвитку ресторанного господарства України висвітлено у працях вітчизняних та зарубіжних науковців (А.А. Мазаракі, М.П. Мальська, В.В. Архіпов, В.І. Карсекін, Г.Т. П'ятницька, К. Егертон-Томас, А. Браймер Роберт та ін.). Проте, незважаючи на значні напрацювання, окремі аспекти цієї теми потребують подальшого вивчення й обумовлюють доцільність проведення наукових пошуків для подальшого розвитку ресторанного господарства України.

Метою статті є дослідження сучасного стану розвитку ресторанного господарства України, а також визначення основних тенденцій функціонування мережі закладів ресторанного господарства України у найближчій перспективі.

Викладення основних результатів дослідження. Сфера ресторанного господарства — складова сфери внутрішньої торгівлі, що забезпечує організацію харчування з дозвіллям або без нього різних контингентів споживачів, а з іншого, — сфера, що задіяна в експорті послуг шляхом надання їх не тільки місцевому населенню, але й іноземним туристам, під час міжнародних авіаперельотів, морських круїзів, на територіях інших країн світу. Вона поєднує в собі різні організаційні форми господарювання, в тому числі ті, де об'єкти ресторанного господарства функціонують у формі підрозділів лікарень, інтернатів, дитячих будинків, навчальних закладів, промислових підприємств тощо. Коли йдеться про розвиток ресторанного господарства, то потрібно брати до уваги як розвиток підприємств (закладів) ресторанного господарства, основним видом економічної діяльності яких є ресторанне господарство, так і закладів ресторанного господарства, що функціонують у складі підприємств з іншим видом економічної діяльності [3].

Як відомо, ресторанне господарство України одним із перших перейшло на ринкові відносини. Після приватизації підприємств змінилася організаційно-правова основа системи ресторанного господарства, почала діяти велика кількість приватних підприємств.

Слід зазначити, що роль ресторанного господарства на сучасному етапі визначається характером і масштабами потреб людей у послугах з організації споживання матеріальних і духовних благ у не домашніх умовах. Ресторатори в конкурентній боротьбі за споживачів використовують різні інструменти: авторську, креативну кухню, в останні роки — молекулярну; високоякісне спеціалізоване та поліфункціональне устаткування; висококласний посуд та аксесуари сервірування; сучасний дизайн; музичне обслуговування, в тому

числі шоу-програми; пропонують послуги сомельє, фумельє, баристи; впроваджують різні дисконтні програми та інші атрактивні елементи тощо [4].

В останні роки в Україні в розвитку закладів ресторанного господарства окреслились певні тенденції: формування нових напрямів сучасної кулінарії, поглиблення спеціалізації ресторанів, створення міжнародних ресторанних ланцюгів, удосконалення форм праці та впровадження досягнень науково-технічного прогресу [5].

В Україні можна виділити основні групи закладів ресторанного господарства:

- мобільні підприємства — різноманітні пересувні і напівстаціонарні кіоски, які забезпечують харчуванням людей на вулиці;
- підприємства швидкого обслуговування (fast-food);
- ресторани і кафе столового типу — це заклади ресторанного господарства, в яких є лінія роздачі для самообслуговування або зона самостійного набору їжі, а також зона для розрахунку;
- демократичні підприємства (ресторани, кафе, піцерії, пивні ресторани тощо);
- елітні ресторани преміум-класу, підприємства на зразок закритих клубів;
- кейтерингові заклади ресторанного господарства — підприємства, які надають виїзні послуги харчування та розважальні послуги;
- комплексні розважальні центри — в них представлені сегменти ресторану або кафе і визначений набір розважальних послуг (більярд, боулінг, танцювальний зал, кальян, караоке, спортивний бар, ігрові автомати, сауна тощо);
- торговельно-розважальні центри — заклади ресторанного господарства, які пропонують, окрім харчування і розваг, різноманітне обслуговування. Вони включають зони розваг і відпочинку для дітей і дорослих, велику кількість закладів харчування різного формату, можуть розміщувати оздоровчі підприємства.

Останнім часом в Україні з'явилися спеціалізовані підприємства зі скороченим набором пропонованих послуг і страв. Поширення набувають ресторани швидкого обслуговування, які спеціалізуються на гамбургерах і смажених картоплі (McDonald's), піці (Pizza Hut, Domino, Little Caesar), біфштексах (Sizzler), морепродуктах (Red Lobster), піцерії (Subway). Особливо актуальними є тематичні ресторани: Дикий Захід, рок-н-рол, футбол, літаки тощо. Переважно вони пропонують обмежену кількість страв, але зосереджуються на створенні відповідного настрою та атмосфери.

Іноземні системи дали поштовх для розвитку в Україні національних систем на основі франчайзингу. Одним з перших таких проєктів стало створення мереж національних ресторанів швидкого харчування «Швидко», «Мак Смак», «Домашня кухня», «Пузата хата».

У деяких регіонах України з'явилися свої оригінальні підприємства, наприклад «Домашній кухар» (Черкаси), «Жарю парю» (Одеса), мережа ресторанів «XXI століття» в Києві. Більшість українських компаній ресторанного харчування використовує 90% вітчизняних продуктів, а компанія «McDonalds» знайшла в Україні сировину, що відповідає американським стандартам, здійснює її переробку і виготовляє продукцію, утримуючи відносно низькі ціни.

Останніми роками в ресторанному бізнесі України формується новий напрям — демократичні ресторани, які поєднують у собі «швидкі» технології фаст-фуду і якість національної (або змішаної) кухні. Частина демократичних ресторанів об'єднана в мережі. На недорогих ресторанах спеціалізуються компанії, що вже мають практику реалізації різних концепцій («Планета Суші», «Патіо-Піца», T.G.I. Fridays). Так, компанія «XXI століття» відкрила мережу національних ресторанів швидкого харчування «Швидко». Нині ця мережа підприємств дуже популярна в Києві. Усі салати і напівфабрикати готують на центральній кухні, а потім їх розвозять у ресторани мережі. У закладах мережі «Якиторія» через специфіку японської кухні страви готують безпосередньо в ресторані, а всі кухарі попередньо проходять тренінги.

В Україні чимало ресторанів і кафе, які радують відвідувачів не лише гарною кухнею, а й цікавими інтер'єрами. Але безумовним лідером за кількістю та, мабуть, і за якістю концептуальних закладів ресторанного господарства є Львів. Запорукою успіху ресторанів незвичних форматів є проривна ідея з чітким бізнес-планом. Прикладом таких закладів є «Криївка», «Мазох-кафе», «Старий трамвай». Для останнього спеціально викупили призначену для брухту колісну базу старого трамвая, за старими світлинами відновили і збудували вагончик. Ідейно «Криївка» пов'язана з історією УПА, а «Мазох-кафе» — з еротичною тематикою. У сюжеті CNN «Мазох-кафе» назвали одним з найбільш незвичних закладів світу. Цей напрям розвитку ресторанної справи є перспективним для всіх великих міст України, історія яких сповнена цікавих фактів і легенд про місцевих героїв.

В Україні активно розвиваються заміські заклади. Особливо ті, які знаходяться на ключових трасах — Одеській, Житомирській, Обухівській. Досліджено, що в літній період ресторани, розташовані в межі міста, значно порожніють, тоді як заміські — переповнені. Ця тенденція щороку стає більш вираженою. Виграють лише ті міські ресторани, які розташовані в рекреаційних зонах (у парках, на набережних), оскільки з'являється традиція повноцінного сімейного відпочинку. Заміські заклади створюються за однією і тією самою схемою: ресторан (в одному приміщенні або окремі будиночки), готель на 15—25 номерів (в одній будівлі або окремі котеджі), мангал (шашлик є неодмінним атрибутом відпочинку на природі), дитячий майданчик, іноді невеликий зоопарк або басейн. Заклади заміського формату розраховані на аудиторію, яка проїжджає мимо, і на жителів міста, які цілеспрямовано їдуть у цей заклад.

За сучасних умов в Україні активізувався розвиток чайних і кав'ярень-кондитерських. Стають популярними заклади із цінним рівнем 15—25 грн, пропонуючи каву, чай, борошняні і кондитерські вироби, шоколад. Стратегічно правильним кроком є створення не одиничної кав'ярні або кондитерської, а мережі таких закладів. Це зумовлено передусім технологічними (набагато вигідніше створювати власний цех для роботи на кілька закладів) і маркетинговими причинами (споживач швидко зникає до певної торговельної марки і продукції).

Результати досліджень свідчать, що в середньому українці залишають 50—100 грн у кав'ярнях та 250—300 грн у ресторанах середнього рівня без урахування алкоголю. Чек в елітних ресторанах починається від 500 грн. За бізнес-ланч у столичному кафе в середньому доведеться віддати 50—70 грн. У меню входить дві страви на напій. У ресторанах середнього цінового сегменту бізнес-ланч коштує 150—200 грн. Середній чек у фаст-фудах дорівнює 130 грн [6].

Послуги закладів ресторанного господарства є важливим елементом обслуговування споживачів. Заклади ресторанного господарства в Україні надають споживачам комплекс різноманітних послуг, що за своїм змістом поділяються на:

- послуги харчування (послуги з виготовлення кулінарної продукції, її реалізації та організації споживання відповідно до типу й класу закладу);

- послуги з виготовлення кулінарної продукції та кондитерських виробів (виготовлення кулінарної та кондитерської продукції на замовлення споживачів, у тому числі в складному виконанні та з додатковим оформленням, виготовлення страв із сировини замовника, послуги кухаря, кондитера з виготовлення страв, кулінарних і кондитерських виробів вдома);

- послуги з реалізації продукції (реалізацію кулінарних і кондитерських виробів поза межами закладу ресторанного господарства, реалізацію обідів додому, комплектування наборів кулінарної продукції в дорогу, в тому числі туристам для самостійного приготування, реалізацію кулінарної продукції і кондитерських виробів через роздрібно торгівлю);

- послуги з організації обслуговування споживачів (організація обслуговування свят, сімейних обідів, ритуальних заходів, учасників конференцій, семінарів, нарад, культурно-масових заходів; послуги офіціанта з обслуговування вдома; доправлення кулінарної та кондитерської продукції на замовлення споживачів на пасажирський транспорт, робочі місця, додому, у номери готелів; бронювання місць у залі закладу ресторанного господарства);

- послуги з організації дозвілля (організація музичного обслуговування, організація концертів, перегляду програм вар'єте і відео-програм, забезпечення газетами, журналами, настільними іграми, ігровими автоматами, більярдом тощо);

- інформаційно-консультативні послуги (консультація спеціалістів з виготовлення, оформлення кулінарної продукції, кондитерських виробів і сервірування столу, консультація дієтолога з питань використання дієтичної продукції при різних захворюваннях (у дієтичних їдальнях), організація навчання кулінарної майстерності);

- інші послуги (прокат столового посуду, наборів, інвентарю; пакування страв і виробів після обслуговування споживачів; облаштування зони для паління; плата кредитними картками; знижки; гарантування збереження особистих речей і цінностей споживача; виклик таксі на замовлення; паркування особистого транспорту споживачів на організованій стоянці) тощо.

Послуги закладів ресторанного господарства та умови їх надання мають бути безпечними для життя і здоров'я споживачів, забезпечувати збереження їхнього майна та охорону навколишнього середовища [7].

Тенденції ресторанного бізнесу — це, звичайно, і тенденції розвитку певних кухонь. Дослідження свідчать, що переваги за типом кухні дуже неоднозначні, особливо в регіонах України. Характерна прихильність до певного продукту, а не до типу кухні як такого, наприклад, переваги м'яса, часто певного виду (свинина, куряче м'ясо), у виконанні різних кухонь або риби і морепродуктів. У Києві здебільшого є групи шанувальників певних видів кухонь. Серед ресторанів національної кухні в Україні віддається перевага українській — 36,8%. Однак значна увага приділяється і французькій кухні — 21%; італійській, кавказькій, японській — по 7,9%; усім іншим — 18,5%.

Результати досліджень свідчать, що ще є незайняті ніші в ресторанному бізнесі України. Це спеціалізовані дитячі кафе — дитяча тема підтримується в багатьох закладах, але окремої уваги їй не приділяється. Перспективним напрямком є локальні заклади, які б обслуговували спальні й околичні райони (піцерії, кафе), так звані ресторани однієї вулиці. Недостатньо представлені підприємства, орієнтовані на переваги певного продукту (страва або компонент меню, напій). Простір для розвитку в ресторанному бізнесі має кейтеринг і доставку страв додому або в офіс. Необхідно відзначити й перспективу закладів музичної спрямованості (не нічних клубів, а швидше арт-ресторанів та арт-кафе). Дуже вдалим з погляду бізнесу є заклади, створені за вже наявним зразком. На цьому принципі базується ідея франчайзингу.

Підприємства ресторанного господарства в Україні є переважно комерційними (ресторани, шашличні, вареничні, піцерії, бістро тощо), але водночас розвивається і громадське харчування: їдальні при виробничих підприємствах, вищих і загальноосвітніх навчальних закладах. З'являються комбінати, фірми, які виконують функції організації громадського харчування [8].

За свідченням фахівців, ресторанне господарство є інвестиційно привабливою сферою, в якій не знижуються темпи розвитку підприємництва та збільшується частка створюваного ВВП. Згідно з даними Державної статистики України ресторанне господарство за 2015—2017 рр. нарощує оберти, відповідно, на 16%, 36%, 46% проти попереднього року [9]. За інформацією Асоціації ресторанного бізнесу України, темпи розвитку ринку ресторанних послуг за останні роки коливалися в межах 60—100% на рік.

Результати досліджень свідчать про позитивні наслідки розвитку ресторанного господарства в Україні. Адже заклади ресторанного господарства — істотна економія суспільної праці завдяки раціональнішому використанню техніки, сировини, матеріалів; надавання відвідувачам протягом робочого дня гарячої їжі, що підвищує їхню працездатність, зміцнює здоров'я; можливість організації збалансованого раціонального харчування в дитячих і навчальних закладах.

Висновки

Зберігаючи кращі традиції національної кухні, заклади ресторанного господарства є візитною карткою гостинності кожного міста та й усієї України, популярною формою проведення та спілкування, ознакою престижу і добробуту.

Перспективою розвитку ресторанного господарства в Україні є: ненасиченість ринку ресторанного господарства, ефективність розвитку ресторанного бізнесу за договором франчайзингу, популярність гурман-туризму в Україні, розвиток закладів ресторанного господарства, які спеціалізуються на продажі кулінарних наборів, формування стійкої лояльності та прихильності з боку споживачів до популярних типів закладів ресторанного господарства, розвиток закладів ресторанного господарства, які спеціалізуються на послугах кейтерингу, трансформація ресторанного господарства з орієнтиром на середньостатистичного споживача, розвиток закладів ресторанного господарства через впровадження ефективних маркетингових інструментів.

Результати аналізу загальних тенденцій сучасного розвитку ресторанного господарства України свідчать, що вони формуються під дією ринкових законів та їх трансформації до українських реалій. Перспектива подальших досліджень вбачається у вивченні стану розвитку ресторанного бізнесу в контексті сучасних тенденцій, що складуться в наступні роки, та формуванні стратегії розвитку за умови економічних реформ.

Література

1. Эгертон-Томас К. Ресторанный бизнес. Как открыть и успешно управлять рестораном: пер. с англ. М.: РосКонсульт, 1999. 272 с.
2. П'ятницька Г.Т. Ресторанне господарство України: ринкові трансформації, інноваційний розвиток, структурна переорієнтація : монографія. Київ: КНТЕУ. 2007. 465 с.
3. Браймер/Роберт А. Основы управления в индустрии гостеприимства: пер. с англ. Е.Б. Цыганова. М.:Аспект Пресс, 1995. 325 с.
4. Ковешніков В.С., Мальська М.П., Роглев Х.Й. Організація готельно-ресторанної справи : навч. посіб. Київ: Кондор 2015. 752 с.
5. Мазаракі А.А. Організація обслуговування у підприємствах ресторанного господарства: підручник для вузів. Київ : Центр учбової літератури, 2011. 584 с.
6. Назвали середній чек українців у ресторанах: https://gazeta.ua/articles/economics/_nazvali-serednij-chek-ukrayinciv-u-restoranah/758205 (дата звернення: 01.02.2019).
7. Мальська М.П., Галяк О.М., Ганич Н.М. Ресторанна справа: технологія та організація обслуговування туристів (теорія та практика)[текст]підручник. Київ: Центр учбової літератури 2013. 304 с.
8. Мельниченко С.В., Присар І.І. Ресторанный бизнес в Україні: перспектива чи втрачена вигода? Економічний простір. Дніпро, 2015. Вип. 97. С. 101—116.
9. Статистичний щорічник України за 2017 рік. http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/-operativ2008/vvp/vvp_ric/vtr_u.htm.

PECULIARITIES OF ORGANIC GROATS MARKET DEVELOPMENT IN UKRAINE

E. Milovanov, A. Konyashyn
Organic Federation of Ukraine

Key words:

Organic products market
Organic cereals
Agricultural production
Value-added products
Organic commodity
producers

Article history:

Received 08.01.2019
Received in revised form
27.01.2019
Accepted 11.02.2019

Corresponding author:

E. Milovanov
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

It was determined that the focus on organic is a promising priority of the market development of Ukraine, given the favorable agro-climatic conditions, the existing legal and political grounds, significant socio-ecological advantages and the increased demand for organic products at the international market. It is substantiated that despite the certain imperfection of legislation and the difficulties of the economic situation of the Ukrainian economy and domestic producers, the organic sector of the agricultural sphere of Ukraine continues to increase the volumes of agricultural production and trade. The purpose of the article is to identify the main tendencies and peculiarities of the development of the organic groats market in Ukraine for targeting the most promising niches in Ukraine and abroad.

The research methodology was based on the systematic approach and the dialectical method of knowledge of the peculiarities and main trends of the domestic market of organic groats, taking into account the retrospective analysis, the monographic method, the methods of synthesis and analysis.

The analysis of the development of the domestic organic sector and the perspectives of further development are grounded. The tendencies of development of the general groats market in Ukraine are considered and the dynamics of their production in recent years is presented. It is noted that the volumes of groats production are increasing every year that indicates the growing demand for these products in Ukraine and in the whole Globe. The export orientation of Ukrainian domestic producers of organic groats is determined, since 90 pct of the abovementioned groats are exported. The brief description of the main producers of organic crops in Ukraine and the main directions of their activities are presented.

The prospects of the domestic market of organic products is proven, which can accelerate not only the development of the Ukrainian agrarian sector, but also the national Ukrainian economy as a whole. It is noted that the domestic market of organic crops annually increases volumes of commodity circulation with orientation towards export of products that opens up new perspectives for Ukrainian producers and will contribute to the growth of the export potential of high quality, competitive agricultural products in the future.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-9

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ РИНКУ ОРГАНІЧНИХ КРУП В УКРАЇНІ

Є.В. Милованов, А.В. Коняшин
Федерація органічного руху України

У статті визначено, що фокус на органіку є досить перспективним пріоритетом ринкового розвитку нашої країни з огляду на сприятливі агрокліматичні умови, наявне правове та політичне підґрунтя, вагомі соціально-екологічні переваги та підвищений попит на органічну продукцію на міжнародному ринку. Обґрунтовано, що, незважаючи на певну недосконалість законодавства і складнощі економічного становища української економіки та вітчизняних агровиробників, органічний сектор сільськогосподарської галузі в Україні продовжує нарощувати темпи виробництва й торгівлі. Метою статті є визначення основних тенденцій та особливостей розвитку ринку органічних круп в Україні для орієнтації на найбільш перспективні ніші в самій країні та за кордоном.

Методика досліджень ґрунтувалася на системному підході і діалектичному методі пізнання особливостей та основних тенденцій розвитку вітчизняного ринку органічних круп з урахуванням ретроспективного аналізу, монографічного методу, методів синтезу та аналізу.

Проаналізовано розвиток вітчизняного органічного сектору та обґрунтовані перспективи подальшого розвитку. Розглянуто тенденції розвитку загального ринку круп в Україні та динаміку їх виробництва протягом останніх років. Зазначено, що обсяги виробництва круп'яної продукції щороку підвищуються, що свідчить про зростаючий попит на цю продукцію в Україні та світі. Визначено експортну орієнтованість вітчизняних виробників органічних круп, оскільки 90% виробленої круп'яної продукції реалізується за кордоном. Наведено коротку характеристику основних виробників органічних круп в Україні та визначено основні напрями їх діяльності.

Доведено перспективність вітчизняного ринку органічної продукції, який здатний сприяти прискоренню не лише розбудови аграрного сектору України, але й національної економіки в цілому. Зазначено, що вітчизняний ринок органічних круп щороку нарощує обсяги товарообороту з орієнтацією на експорт продукції. Це відкриває не тільки нові перспективи перед українськими агровиробниками, а й далі сприятиме нарощенню експортного потенціалу якісної, конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в майбутньому.

Ключові слова: ринок органічної продукції, органічні крупи, сільськогосподарське виробництво, продукція з доданою вартістю, органічні товаровиробники.

Постановка проблеми. Розвиток ринку органічної продукції в Україні активно наслідує динаміку світового ринку органіку і з кожним роком викликає все більший інтерес з боку поінформованого споживача. Все більше і більше людей зацікавлені у здоровому харчуванні, яке гарантують органічні

стандарти виробництва. Органічний тренд залишається актуальним вже протягом багатьох років і за прогнозами зростатиме не лише у провідних країнах світу, але й у країнах, що розвиваються.

Асортимент виробленої в Україні органічної продукції збільшується щороку, за рахунок чого розвивається як пропозиція на внутрішньому ринку, так і експортний потенціал. Досить вагоме місце на ринку органічної продукції серед інших видів займають органічні крупи та пластівці. Ці асортиментні позиції свого часу були одними з найперших на полицях українських магазинів серед органічних продуктів з доданою вартістю. Сьогодні їх можна знайти майже у всіх популярних супермаркетах нашої країни, оскільки вони вже добре зарекомендували себе на вітчизняному ринку. Саме тому особливості розвитку цієї ніші українського органічного ринку стали об'єктом пропонуваного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальні питання розвитку ринку органічної продукції нашої країни були у фокусі дослідження таких вчених: В.І. Артиша [1], Ю.П. Воскобійника [4], В.Г. Грановської [5], О.М. Маслака [6], І.В. Сідельнікової [10] та інших. Зважаючи на вагомий внесок наведених та інших вітчизняних науковців, варто зазначити, що практично відсутні дослідження конкретних ніш органічного ринку України. Зауважимо, що ринок органічних круп і пластівців залишається перспективним для внутрішнього ринку та привертає все більшу увагу міжнародних імпортерів, тому потребує більш глибокого й детального аналізу.

Метою статті є визначення основних тенденцій та особливостей розвитку ринку органічних круп в Україні для орієнтації на найбільш перспективні ніші в середині країни і за кордоном.

Викладення основних результатів дослідження. Україна є визнаною країною з ринковою економікою, і тому розвиток ринкових відносин на внутрішньому та міжнародному рівні є пріоритетом національної економіки. Найбільші стимули розвитку у цьому сенсі визначають напрями, які нині є найбільш прогресивними та доцільними з економічної, соціальної та екологічної точок зору. Тому фокус на органіку є дуже перспективним пріоритетом ринкового розвитку з огляду на сприятливі вітчизняні агрокліматичні умови, наявне правове та політичне підґрунтя, вагомі соціально-екологічні переваги та підвищений попит на органічну продукцію на міжнародному ринку.

Незважаючи на певну недосконалість законодавства і складнощі економічного становища української економіки та вітчизняних агровиробників, органічний сектор сільськогосподарської галузі в Україні продовжує нарощувати темпи агровиробництва й торгівлі. Так за останні 10 років відбулися позитивні зміни: збільшилась площа під органічним виробництвом (з 270 тис. га у 2008 р. до 420 тис. га у 2017 р. — на 55,5%), зросла кількість сертифікованих органічних господарств (з 118 у 2008 р. до 375 у 2017 р. — у 4,2 раза). Ринок органічної продукції також активно розбудовується, при цьому значно виріс його обсяг — з 0,6 млн євро у 2008 р. до 29,4 млн євро у 2017 р. — у 49 разів, а вартість експорту органічної сільськогосподарської продукції у 2017 р. склала 99 млн. євро (близько 70% експортувалося до країн ЄС) [8].

Незважаючи на те, що, переважно, основною спеціалізацією вітчизняних «органічних» господарств є вирощування зернових, бобових, технічних культур, плодоовочевої та ягідної продукції з експортною орієнтацією, все ж чітко прослідковується і переорієнтація виробників на внутрішній ринок, свідченням чого є зростаюча тенденція активного наповнення вітчизняного ринку власною органічною продукцією за рахунок налагодження переробки органічної сировини. При цьому асортимент продукції досить різноманітний — це овочі, фрукти, молочна та м'ясна продукція, соки, напої, мед, борошно, олії тощо. Однак найпоширенішою групою товарів, яка наймасовіше представлена на полицях вітчизняних магазинів, є крупи та пластівці. І цьому є пояснення, адже для отримання продукції потребується порівняно просте устаткування і ці продукти мають не скорочений, а відносно тривалий термін зберігання, що вигідно як виробникам, так і споживачам, які традиційно купують товари цієї групи як для сніданків, так і для повсякденного гарніру.

Розглянемо тенденції розвитку загального ринку круп і пластівців в Україні.

У 2017 р. в Україні було вироблено 328,5 тис. т круп, що на 2,5% менше ніж у попередньому році. При цьому зазначимо, що у 2016 р. виробництво всіх круп в Україні вперше збільшилася, починаючи з 2013 р. [3]. За даними Державної служби статистики України розрахована динаміка виробництва основних круп та графічно відображена на рис. 1.

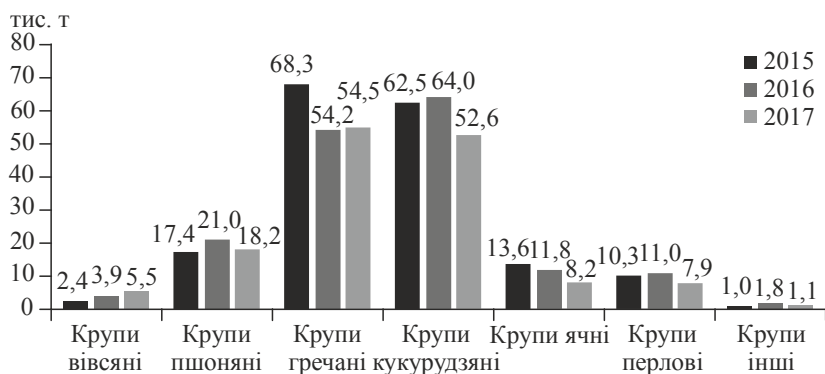


Рис. 1. Динаміка виробництва круп в Україні

Як бачимо, в останні роки зростанням відзначилися лише гречана та вівсяна крупи. За підсумками минулого року, виробництво гречаної крупи в Україні збільшилося на 0,5% — до 54,5 тис. т, а вівсянки на 39,7% — до 5,5 тис. т. Серед областей України зростання виробництва круп відзначається в Одеській, Дніпропетровській, Чернігівській і Тернопільській областях. Помітно скоротилося їх виробництво у Херсонській, Черкаській, Хмельницькій, Кіровоградській, Сумській і Харківській областях.

Незважаючи на спад виробництва круп у нашій країні, за підсумками 2017 р. сукупний обсяг експорту круп і пластівців з України склав 74,1 тис. т, що перевищує аналогічний показник 2016 р. на 30% [12].

У 2017 р. Україна експортувала 26,99 тис. т круп із зернових культур, що на 10% менше, якщо порівняти з 2016 роком. У вартісному виразі експорт зернових круп за минулий рік зменшився на 7,6% — до 8,16 млн дол. США. Трійку найбільших споживачів українських круп із зернових в 2017 р. склали Єгипет (32,4% від усього обсягу, на 2,64 млн дол. США), Білорусь (15,95%, на 1,3 млн дол. США) і Коста-Рика (10,1%, на 0,82 млн дол. США) [12].

Отже, Україна забезпечує крупами інші країни, проте поки не в змозі забезпечити потреби внутрішнього ринку. Експорт круп і пластівців з України за 2017 рік виріс майже на третину, а виробництво продовжує стагнувати.

Виробництво органічних круп в Україні — відносно молодий напрям агропромисловості, але якщо порівняти з іншими органічними товарами, готовими до споживання, то крупи є одними з найперших, що стали доступними для вітчизняного споживача.

Органічні крупи з'явилися на полицях українських магазинів ще на початку 2000-х років. Першим виробником була фабрика бакалійних продуктів з асортиментом в декілька позицій під ТМ «Жменька». Деяко пізніше мала місце спроба Новоукраїнського комбінату хлібопродуктів постачати на ринок органічні вівсяні пластівці, яка тривала відносно недовго через об'єктивні причини. Однак нині є вже до двадцяти сертифікованих за європейськими органічними стандартами виробників круп'яної продукції, які продукують доволі широкий асортимент товарів. Не можна говорити про стабільність і регулярність виробництва, адже все ж відчувається брак якісної органічної сировини для виготовлення круп через надання переваги експортним поставкам органічними виробниками зернових. Проте у 2017 р. вітчизняні переробники виробили близько 5 тис. т органічних круп і пластівців, з яких стабільно близько 90% експортуються [13].

Динаміка виробництва органічних круп протягом 2016—2018 рр. відображена на рис. 2.

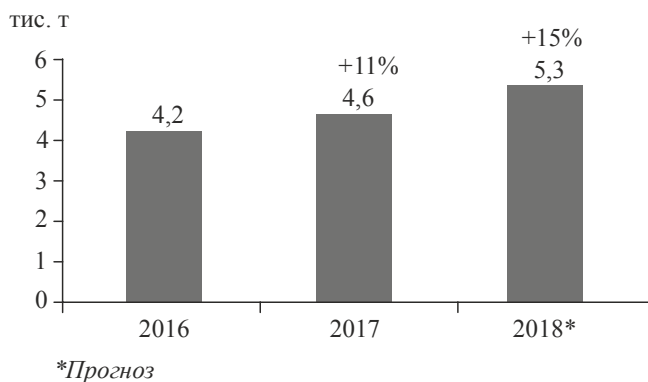


Рис. 2. Динаміка виробництва органічних круп в Україні [13]

Як бачимо, обсяги виробництва круп'яної продукції щороку підвищуються, що свідчить про зростаючий попит на цю продукцію в Україні та світі, зва-

жаючи на 90% експортну орієнтацію українських органічних виробників круп та наявне розширення їх асортименту у вітчизняних супермаркетах.

За 5 останніх років значно зросла географія експортних поставок круп'яної продукції з України. Вітчизняні виробники експортують крупи до понад 20 країн світу. При цьому основними ринками збуту є країни Євросоюзу — Німеччина, Чехія, Польща. Починають налагоджуватися товарні поставки і до країн Азії, включаючи як Близький Схід, так і Південно-Східну Азію. При цьому 80% від усіх обсягів експорту органічних круп припадає на продаж пшона, наступними йдуть крупи з пшениці та полби (спельти), вівсяні крупи та пластівці. За словами експертів, очікуваний загальний обсяг виробництва в 2018 р. зросте додатково на 15% [13].

Вітчизняні підприємства, що постачають крупи на внутрішній ринок України (Фірма «Діамант ЛТД», «Органік Оригінал», «Органік Лайф», «Агро-екологія», «Кварк», «Золотий Пармен», ТОВ «Галекс-Агро», «Терра», «Драй-міл», «Цефей-Груп», «Органік Сідс», «Сквирський комбінат хлібопродуктів»), пропонують досить широкий асортимент: як традиційні вівсяні, перлові, пшеничні, гречані крупи, так і зі спельти, твердих сортів пшениці, різноманітні пластівці. Щорічний обсяг внутрішнього ринку за останні декілька років оцінюється на рівні 500—550 т органічних круп і пластівців.

Більшість вітчизняних переробних підприємств працюють на придбаній сировині. При цьому варто зауважити, що низка великих органічних виробників мають свої сировинні ресурси, зокрема ПП «Агроекологія», ТОВ «Галекс-Агро», які віднедавна почали відкривати власні регіональні спеціалізовані магазини та мають можливість продавати продукцію не лише у мережевих магазинах, але й у власних.

Сертифіковані за органічними стандартами підприємства — агрофірма «Поле», Іппон, «Адоніс Люкс», «Галекс-Агро», «Дедденс Агро», Терра, Сквирський КХП, переважно більшість власної круп'яної продукції відправляють на експорт.

На внутрішньому ринку органічні крупи, у невеликих обсягах реалізуються через спеціалізовані магазини у вітчизняних містах-мільйонниках. Крім цього, є досвід організації торговельних точок самими виробниками у районних центрах. Переважна більшість згаданої продукції реалізується у великих мережах супермаркетів: «Мегамаркет», «Ашан», «Сільпо», «Фуршет», «Good Wine», «Wine Time» та ін. Планує вводити лінійку органічних продуктів і мережа «АТБ». Проте, як правило, в мережах не встановлюються окремі стійки з органічними продуктами (за винятком «Мегамаркету»), адже за підрахунками фахівців, влаштувати окремих стелаж з органічними продуктами є вигідним, якщо їхній асортимент буде не меншим ніж 600 товарних позицій.

Для вітчизняних виробників органічних круп, порівняно з виробниками неорганічних (конвенційних), діють жорсткіші вимоги органічних стандартів як щодо зберігання, так і утримання складських приміщень, боротьби з шкідниками, комахами тощо.

Зокрема, серед загальних вимог є відокремлення у часі або просторі виробництва та зберігання органічної продукції, у тому числі ведення обліку такої продукції, від виробництва та зберігання неорганічної продукції і про-

дукції перехідного періоду. Це обумовлено вимогами сертифікації. Найбільші складнощі викликає у підприємств, які паралельно переробляють органічну і конвенційну сировину.

У процесі органічного виробництва забороняється застосування речовин і технологічних методів виробництва, результати застосування яких можуть ввести споживача в оману щодо природи (походження) продукту. Серед вимог щодо виробництва органічних харчових продуктів такі: використання переважно біологічних, механічних і фізичних методів виробництва; використання під час виробництва органічних інгредієнтів (додана вода та кухонна сіль не включаються у розрахунок відсоткових часток складників органічних інгредієнтів); вживання належних заходів для уникнення забруднення недозволенними речовинами або продуктами, заходів з очищення і дезінфекції виробничого обладнання та потужностей, а в разі необхідності — заходів з очищення харчової продукції (усі заходи з очищення повинні фіксуватися оператором у спеціальних журналах); ведення обліку та документування усіх операцій з виробництва органічних харчових продуктів; ідентифікація кожної партії органічних харчових продуктів. Складські приміщення та споруди потребують регулярного очищення та дезінфекції речовинами, які дозволяється використовувати у процесі органічного виробництва та у гранично допустимих кількостях [9].

Однак, незважаючи на жорсткі вимоги органічних стандартів, всі сертифіковані виробники, згідно з опитуваннями, й надалі продовжуватимуть виробництво та реалізацію органічних круп та пластівців як на внутрішньому ринку, так і на експорт. При цьому деякі виробники планують збільшувати асортимент круп'яних виробів, зробивши головний акцент на якості продукції.

Наступним етапом є дослідження топ-5 українських виробників широкого асортименту органічних круп:

1. ТОВ «Фірма «Діамант Лтд» з 2013 р. виробляє під торговельною маркою «Козуб продукт» відбірну гречану ядрицю, горох, крупу пшеничну та перлову, пшоно тощо. Для виробництва продукції використовується лише зерно, вирощене в Україні за органічними стандартами Євросоюзу.

2. Під брендом «Organic Country» компанія «Органік Лайф» представляє продукти, що вирощені українськими фермерами на сільськогосподарських угіддях, які пройшли органічну сертифікацію.

Асортиментний ряд ТМ «Organic Country»: гречка необжарена, кукурудзяна крупа, вівсянка недроблена, перлова крупа, пшоно, амарант, соя шліфувана, крупа пшенична двох видів: подрібнена «Артек» та ціле зерно «Кутя», виготовлені з пшениці твердих сортів.

Підприємство працює із 250 торговельними точками по всій Україні і продає 3—5 т круп на місяць. При цьому в мережеві супермаркети, як і на експорт, виходити поки що не планує, проте спостерігається збільшення зацікавленості в органічній продукції серед трейдерів і споживачів.

3. Під торговельною маркою «Екород» власну продукцію 7 років поспіль презентує компанія «Органік Оригінал», чия продукція, завдяки відповідній сертифікації, маркована «Євролистом». Потужності з виробництва органічних круп розміщені у Київській області.

В асортименті: спельта подрібнена, зелена гречка, пропарена гречана крупа, пшоно, пшенична крупа, пшенична крупа «Арнаут», перлова крупа та ячна крупа.

4. ТОВ «Сквирський комбінат хлібопродуктів» (Київська обл., ТМ «Сквирянка») запустив виробництво органічної крупи у 2015 року. Сировиною для цієї продукції є українське зерно, що відповідає європейським вимогам щодо органічного виробництва та переробки, що також підтверджено відповідним сертифікатом.

Сквирський комбінат хлібопродуктів виробляє крупи й пластівці з гречки, вівса, ячменю, гороху, кукурудзи, пшона, зокрема для дитячого харчування. Продукцією ТМ «Сквирянка» ласують не лише в Україні, але й ще у 21 державі світу, зокрема у країнах Євросоюзу, США, Індії, Південній Кореї тощо.

Підприємство веде активну роботу з сільгоспвиробниками з контракції зерна, вирощеного за органічними стандартами: компанія гарантує викуп продукції та оплату бонусу за вирощування органічної продукції.

5. ПП «Агроєкологія» (Полтавська обл.) понад 30 років застосовує органічні технології при вирощуванні сільськогосподарських культур, їх переробці на власних потужностях й сертифіковане відповідно до стандарту, рівнозначного постановам Ради (ЄС) 834/2007, 889/2008 як виробник органічної продукції.

Підприємство пропонує широкий асортимент органічних, якісних, продуктів харчування для людей, які турбуються про своє здоров'я, цінують чудовий смак натуральних продуктів, а також для дієтичного харчування. Це — крупи з озимої та ярої пшениці, вівсяна, гречана несмажена цільнозернова крупа та січка, ячна крупа.

Усі виробники органічних круп в Україні станом на грудень 2018 року наведені у таблиці.

Таблиця. Виробники органічних круп в Україні [13; 11]

№ п/п	Назва виробника, область, торгова марка	Назва крупи
1	2	3
1	ПП «Агроєкологія», Полтавська обл.	Вівсяна, гречана, гречана січка, кукурудзяна, перлова, пластівці вівсяні, пшенична, пшенична «Артек», пшоняна, ячна
2	ПП «Галекс-Агро», Житомирська обл.	Гречана проділ, гречана ядриця
3	ТОВ «Агрофірма «Поле», Черкаська обл.	Пшоняна, січка пшона
4	ТОВ «Адоніс Люкс», Запорізька обл.	Пшенична, пшенична «Артек», пшоняна, січка пшона
5	ТОВ «Дедденс Агро», Рівненська обл.	Вівсяна, гречана
6	ТОВ «Кварк», Полтавська обл.	Вівсяна, гречана зелена проділ, гречана зелена ядриця, гречана смажена, кукурудзяна, кутя житня, кутя пшенична, перлова, пшенична з м'яких сортів, пшенична з твердих сортів

1	2	3
7	ТОВ «Драйміл», м. Київ	Вівсяна, вівсяна неподрібнена, вівсяна плюшена, горохова, гречана, гречана зелена, гречана проділ, гречана пропарена, гречана ядриця, з полби (спельти), зі спельти неподрібнена, зі спельти подрібнена, із м'якої пшениці шліфована, кукурудзяна, кукурудзяна «Екстра», кукурудзяна шліфована, манна, перлова, пластівці вівсяні, пластівці вівсяні «Creamy», пластівці вівсяні «Original», пластівці гречані, пластівці зі спельти, пластівці кукурудзяні, пластівці пшеничні, пластівці пшонаєні, пластівці ячмінні, пшенична, пшенична «Арнаут», пшоно шліфоване, пшонаєна, ячмінна перлова, ячмінна ячна, ячна
8	ТОВ «ІППОН», Львівська обл.	Манна
9	ТОВ «Органік лайф», Київська обл., ТМ Organic Country	Амаранту подрібнена, горохова подрібнена, гречана проділ, гречана ядриця, житня подрібнена, житня шліфована, зі спельти, зі спельти шліфована, манна, манна зі спельти, нутова подрібнена, перлова, пшенична, пшенична шліфована, ячна
10	ТОВ «Органік оригінал», Київська обл., ТМ Екород	Горохова, гречана зелена, гречана пропарена, зі спельти, перлова, пластівці вівсяні різані, пластівці вівсяні цільні, пшенична, пшенична «Арнаут», пшонаєна, ячна
11	ТОВ «Органік Сідс», Хмельницька обл., ТМ All in Foody	Вівсяна, гречана зелена, гречана проділ, гречана ядриця, зі спельти, кукурудзяна, перлова, пшенична, ячна
12	ТОВ «Скви́рський комбінат хлібопродуктів», Київська обл., ТМ «Скви́рянкa»	Вівсяна, вівсяна неподрібнена, вівсяна плюшена, гречана проділ, гречана ядриця, із м'якої пшениці подрібнена, із м'якої пшениці шліфована, кукурудзяна, кукурудзяна «Екстра», пластівці вівсяні, пластівці гречані, пластівці житні, пластівці зі спельти, пластівці кукурудзяні, пластівці пшеничні, пластівці пшонаєні, пластівці ячмінні, пшоно шліфоване, спельта неподрібнена, спельта подрібнена, ячмінна перлова, ячмінна ячна
13	ТОВ «ТЕРРА», Харківська обл., ТМ ТЕРРА	Булгур, вівсяна, вівсяна плюшена, кукурудзяна шліфована, пластівці вівсяні, пластівці житні, пластівці з полби, пластівці кукурудзяні, пластівці пшонаєні, пластівці ячмінні, пшенична озима «Терра», пшенична ярова «Терра», пшоно шліфоване, ячмінна перлова, ячмінна ячна
14	ТОВ «Фірма «Діамант ЛТД», м. Полтава, ТМ «Козуб продукт»	Вівсяна, вівсяна плюшена, горохова, гречана, перлова, пластівці вівсяні різані, пластівці горохові, пластівці гречані, пластівці житні, пластівці житні різані, пластівці кукурудзяні, пластівці перлові, пластівці пшеничні, пластівці пшеничні, пластівці пшеничні із спельти, пластівці пшонаєні, пластівці ячні, пшенична, пшоно шліфоване, суміш пластівців, толокно вівсяне, толокно гречане, толокно кукурудзяне, ячна
15	ТОВ «Цефей Груп», Житомирська обл.	Вівсяна, гречана, гречана зелена ядриця, гречана проділ, кукурудзяна, перлова, пшенична, спельта не подрібнена, ячна
16	ТОВ «Імарті Органік», Харківська обл.	Пшоно
17	ФСГ «Золотий Пармен», Чернігівська обл.	Вівсяна, гречана, гречана зелена ядриця, зі спельти

Отже, в Україні вже багато років досить успішно працюють 17 виробників органічних круп, які щороку нарощують обсяги виробництва та асортимент продукції. Незважаючи на, у значній мірі, їхню експортну орієнтованість, на внутрішньому ринку вже представлений широкий ряд асортиментних позицій для найвибагливішого українського споживача.

Географія обсягу виробництва найбільших вітчизняних виробників органічних круп розроблена за даними [13,11] та наведена на рис. 3. Серед них варто виділити такі: ТОВ «Фірма «Діамант ЛТД», ТОВ «Органік оригінал», ТОВ «Органік лайф», ПП «Агроєкологія», ТОВ «Кварк», ТОВ «Цефей-Групп», ТОВ «Агрофірма «Поле», ТОВ «Адоніс Люкс», ПП «Галекс-Агро», ТОВ «Дедденс Агро», ТОВ «Сквирський комбінат хлібопродуктів». У сумі вони виробляють левову частку органічних круп в Україні.



Рис. 3. Розподіл обсягу виробництва органічних круп по областях країни у 2017 році

Як бачимо з наведених даних, структура виробництва органічних круп по областях України виглядає досить нерівномірно із найбільшою концентрацією у Черкаській області (місце розташування виробничих потужностей лідера галузі, що виробляє найбільші обсяги органічних круп — ТОВ «Агрофірма «Поле»).

Тож, вітчизняні виробники органічних круп, незважаючи на складнощі правового, економічного та політично характеру в країні, продовжують активно розвиватися та нарощувати обсяги експорту української органічної продукції. Важливою ознакою розвитку є розширення асортименту органічних круп на полицях вітчизняних магазинів та підвищення довіри і попиту на органік з боку споживачів.

Висновки

Отже, вітчизняний ринок органічних круп щороку нарощує обсяги товарообороту з орієнтацією на експорт продукції. Важливою особливістю міжна-

родної торгівлі органічними крупами є те, що країнами імпортерами нашої продукції є розвинені країни Європи та Північної Америки, на відміну від конвенційної продукції, яка переважно знаходить кінцевих споживачів у країнах Азії та інших частин світу. Розвиток внутрішнього ринку впродовж останніх років також має місце, що проявляється у підвищенні попиту серед вітчизняних споживачів і розширенні асортименту органічних круп на полицях популярних мереж супермаркетів.

Перспективами подальших досліджень є вивчення тенденцій розвитку інших напрямів виробництва органічної продукції з доданою вартістю, адже саме така продукція, на відміну від сільськогосподарської сировини, здатна вивести українських виробників органіку на якісно вищий рівень торговельних відносин як всередині країни, так і за її межами.

Література

1. Артиш В.І. Виробництво та реалізація органічної продукції в світі. *Економіка АПК*. 2017. № 3. С. 82—86.
2. Варять кашу: ринок круп у схемах. Аграрне інформаційне агентство «Agravery». URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/varat-kasu-rinok-krup-u-shemah> (дата звернення: 21.12.2018 р.)
3. Виробництво круп в Україні скоротилось на 2,5%. Landlord. URL: <https://landlord.ua/news/virobnitstvo-krup-v-ukrayini-skorotilos-na-2-5/> (дата звернення: 25.12.2018 р.)
4. Воскобійник Ю.П., Гаваза Є.В. Ємність ринку органічної продукції в Україні. *Агроінком*. 2013. № 4—6. С. 7—10.
5. Грановська В.Г. Перспективи розвитку ринку органічної продукції в Україні. *Економіка АПК*. 2017. № 4. С. 31—40.
6. Маслак О.М. Становлення ринку органічної продукції в Україні. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2012. № 11. С. 58—62.
7. Милованов Є.В. Міжнародні тенденції розвитку ринку органічної продукції та перспективи для України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія «Економіка, аграрний менеджмент, бізнес». 2018. № 284. С. 109—118.
8. Офіційний сайт Федерації органічного руху України. URL: <http://organic.com.ua/uk/homepage/2010-01-26-13-42-29> (дата звернення: 26.12.2018 р.)
9. Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції: Закон України від 10 липня 2018 р. № 2496-VIII База даних «Законодавство України». ВР України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19> (дата звернення: 15.12.2018 р.)
10. Сідельнікова І.В. Ринок органічної продукції та особливості його формування в умовах трансформаційної економіки. *Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди*: серія «Економіка», 2015, Вип. 15. С. 142—148.
11. Знайомство з виробниками органічної продукції. *Журнал ORGANIC.UA*. № 09—12 (46) 2018. С. 30—33.
12. Экспорт круп из Украины уменьшился на 10%. Инфоиндустрия. URL: <http://infoindustria.com.ua/eksport-krup-iz-ukrainyi-umenshilsya-na-10/> (дата звернення: 18.12.2018 р.)
13. Organic на сніданок. АПК-Інформ. 2018. № 11(53). URL: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1103746#.XAzynBR1Pa> (дата звернення: 22.12.2018 р.)
14. Willer H. & Lernoud J. (2018), *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging trends*. FiBL&IFOAM — Organic International. Germany: Medienhaus Plump [In English].

THEORETICAL ASPECTS OF FORMING THE RATING WEIGHT OF HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS

O. Kulinich, N. Fedorenko

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

*International ratings
Ranking
Efficiency
Transformation
Reform*

Article history:

Received 16.01.2019
Received in revised form
31.01.2019
Accepted 12.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The paper systematizes the world rankings concerning the chronology of the development, generalization of the main quantitative characteristics, general trends and significant differences. The authors analyze the principles of creating ratings and reveal differences in the remarkable advantages provided by the scientific and educational activities of universities. The peculiarities of the ratings influence on the improvement of higher education institutions' efficiency are studied. The contradiction in use of global ratings which or increase possibilities of institutions of the higher education is revealed, or block development. At the present stage the lack of the only conventional methodology of rating is noted. Dynamics of revision of methodology of formation, the list of indicators and assessment of their ponderability, methods and means of ranking according to times of existence of the world rankings is noted.

On the basis of literary data and own researches the potential of development of economy due to use of the international ratings in the sphere of the higher education is determined in the paper. On the basis of the conducted researches of statistical and comparative criteria which enter the ratings, most widespread in the world, the national specifics of the higher education system of Ukraine are established and factors of growth of its competitiveness are defined. By results of a research trends of development of a national education system are established. It is offered to sort complex ratings on compound indicators which were used, for stimulation of increase in efficiency of institutions of the higher education.

Results of a research can be used for development of rating which estimates prestige of the national university in terms of quality of education and considers an intellectual component for advance it in the international community and also for improvement of the general methodology of folding of ratings of domestic institutions of the higher education.

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ РЕЙТИНГОВОЇ ВАГОМОСТІ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

О.А. Кулініч, Н.М. Федоренко

Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті систематизовано світові рейтинги за хронологією розвитку, узагальненням основних кількісних характеристик, загальними тенденціями та суттєвими відмінностями. Проаналізовано принципи побудови рейтингів та виявлено відмінності у вагових перевагах, що віддаються в науковій і освітній діяльності університетів. Досліджено особливості впливу рейтингів на підвищення ефективності закладів вищої освіти. Виявлено суперечності у використанні глобальних рейтингів, що або збільшують можливості закладів вищої освіти, або блокують розвиток. Зазначено, що на сучасному етапі відсутня єдина загальноновизнана методологія рейтингування. Відмічено динаміку перегляду методології формування, переліку індикаторів й оцінки їхньої вагомості, методів та засобів ранжування відповідно до часів існування світових рейтингів.

На основі літературних даних і власних досліджень визначено потенціал розвитку економіки за рахунок використання міжнародних рейтингів у сфері вищої освіти. На підставі проведених досліджень статистичних і порівняльних критеріїв, що входять до найбільш поширених у світі рейтингів, встановлено національну специфіку системи вищої освіти України та визначено фактори зростання її конкурентоспроможності. За результатами дослідження виявлено тенденції розвитку національної системи освіти. Запропоновано розібрати комплексні рейтинги на складові показники, що використовувались в них, для стимулювання підвищення ефективності закладів вищої освіти.

Результати дослідження можуть бути використані для розробки рейтингу, що оцінює престиж національного університету з точки зору якості освіти та враховує інтелектуальну складову для просування його у світовій спільноті, а також для удосконалення загальної методології складання рейтингів вітчизняних закладів вищої освіти.

Ключові слова: міжнародні рейтинги, ранжування, ефективність, трансформація, реформування.

Постановка проблеми. На сучасному етапі мегаконкуренція як одна з характерних рис процесу глобалізації стає актуальним викликом для найкращих університетів світу, що вступають у жорстку конкурентну боротьбу. Театром репутаційних баталій виступають міжнародно визнані рейтинги провідних світових науково-освітніх центрів. Місце у міжнародних рейтингах стало основною конкурентною перевагою університетів і своєрідним знаком якості. Завдання отримання високого рейтингу декларується і ставиться на державному рівні. Для реалізації курсу на інтеграцію до Європейського Союзу, забезпечення всебічного входження України в європейський політичний,

економічний і правовий простір указами Президента України затверджена Стратегія інтеграції вищої освіти України до Європейського Союзу [1]. Контрольним орієнтиром державної політики у сфері рейтингування освіти і науки є необхідність входження вітчизняних університетів до першої сотні провідних світових університетів відповідно до світових рейтингів.

Дослідження особливостей розвитку національних систем вищої освіти, виявлення глобальних тенденцій і викликів найчастіше здійснюються у працях фахівців, які представляють ООН, ЮНЕСКО, Світовий банк, ОЕСР чи ВЕФ, однак більшість з них не загострюють увагу на ринковий, конкурентний характер відносин, який притаманний сучасному глобальному науково-освітньому простору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз праць, в яких висвітлено дослідження принципів і методик рейтингування в освіті, показує, що визначення рівня розвитку національних систем вищої освіти за допомогою сучасних рейтингів є необхідним і актуальним завданням задля розробки ефективної освітньої політики. Визначенню потенціалу національних систем освіти на основі використання міжнародних рейтингів економіки, що є результатом сучасних перетворень, присвячено праці таких зарубіжних і вітчизняних науковців, як: А. Йоселіані [2], Г. Карчева [3], В. Ляшенко [4], К. Шваб [5], Є. Підгайна, Дж. Стиглиць, Д. Тапскотт та ін. Аналізом різних аспектів розвитку системи вищої освіти, в тому числі проблемами рейтингування в цій сфері займалися Ф. Альтбах [6], Г. Коломієць [7], С. Марджинсон [8], А. Ставицька [9], Є. Балацький, Д. Салмі, Е. Сароян та ін.

Мета статті: визначення потенціалу розвитку економіки на основі використання міжнародних рейтингів у сфері вищої освіти.

Викладення основних результатів дослідження. В аспекті досліджуваної проблеми встановлено, що на сьогодні налічується понад 50 національних і понад 10 міжнародних рейтингів для оцінки діяльності закладів вищої освіти [10, 36—42]. Метою рейтингів є визначення кращих університетів світу та оцінка їх діяльності, але кожен рейтинг передбачає використання своїх показників для визначення конкурентного потенціалу закладів вищої освіти.

На основі аналізу найбільш відомих і всесвітньо визнаних світових систем моніторингу та рейтингування закладів вищої освіти систематизуємо хронологію розвитку світових рейтингів та проведемо загальне їх основних кількісних характеристик за методикою А.В. Кайдалової, О.В. Посилкіної (табл.) [11, 76—81].

Таблиця. Світові рейтинги ЗВО та їх загальні характеристики

№	Назва рейтингу	Країни-засновники	Рік запровадження	Кількість ЗВО учасників у рейтингу	Кількість ЗВО у рейтингу	Кількість показників
1	2	3	4	5	6	7
1	ARWU	Китай	2003	1200	500	6
2	Webometrics	Іспанія	2004	20000	6000	4

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7
3	4ICU	Світовий Інтернет-портал	2005	10000	200	5
4	PRSPWU	Тайвань	2007	4000	500	3
5	CWTS	Нідерланди	2007	750	100	9
6	QS	Велика Британія	2009	3000	200	13
7	The Times	Велика Британія	2010	6000	200	13
8	UI Green Metric	Індонезія	2010	500	350	41
9	URAP	Туреччина	2010	2500		6
10	CWUR	Саудівська Аравія	2012	1000	100	8
11	RUR Rankings	Росія	2013	750	200	20
12	GWC	Латвія	2013	1600	500	3
13	U-Multirank	Німеччина, Нідерланди	2009	1200	500	31
14	SCImago Institutions	Іспанія	2009	3000	2900	8

За результатами аналізу встановлено, що світові рейтинги університетів мають як загальні тенденції, так і суттєві відмінності. Спільними є принципи побудови рейтингів — урахування різних показників з подальшим їх угрупованням з урахуванням коефіцієнтів вагомості, які визначаються у кожному рейтингу індивідуально, а також принципи ранжування ЗВО без урахування профілю їх наукової та навчальної діяльності.

Практика використання досвіду світових рейтингів свідчить, що здебільшого інформацією для формування рейтингу є статистичні дані щодо діяльності ЗВО, науково-педагогічного складу, студентів і випускників. Засобами отримання інформації є: анкетування адміністративного, науково-педагогічного складу університетів, студентів, роботодавців; дані веб-сайтів; аналіз публікацій і наукових досліджень; індекси цитування; опитування роботодавців тощо.

Зазначимо, що відмінними рисами світових рейтингів є: методологія їх формування, перелік індикаторів та оцінка їх вагомості, методи та засоби ранжування, які за часи існування рейтингів суттєво змінилися. На сучасному етапі також відсутня єдина загальноновизнана методологія рейтингування.

Посилаючись на дослідження світових рейтингів, необхідно відзначити різницю у показниках світових рейтингів та їх вагомості. Деякі світові рейтинги віддають перевагу загальним показникам, інші більш деталізованим. У процесі наукового пошуку було сформовано основні групи показників ранжування:

- наукова діяльність (частота використання — 83%);
- якість освіти (частота використання — 42%);
- компетентність викладачів (частота використання — 33%);
- академічна продуктивність (частота використання — 67%);
- міжнародна діяльність (частота використання — 17%) [11, С. 77].

Аналіз питомої ваги використовуваних показників світових рейтингів за визначеними групами показав, що такі рейтинги, як: PRSPWU, CWTS, SCImago,

URAP, Webometrics та 4ICU вимірюють заклади вищої освіти за однією визначеною групою показників. Інші світові рейтинги — ARWU, QS, THE, RUR, GWC, CWUR, UI Green Metric — проводять оцінку ЗВО за декількома визначеними групами. Але немає жодного світового рейтингу, який би оцінював університет за всіма визначеними групами показників.

Вітчизняна система оцінювання закладів вищої освіти відповідає, більшою мірою, цільовим критеріям одразу трьох міжнародних глобальних рейтингів:

- The Times Higher Education World University Rankings (THE) (Всесвітній рейтинг університетів);
- Academic Ranking of World Universities (ARWU) (Академічний рейтинг університетів світу);
- Ouquarelli Symonds World University Rankings (OS) (Рейтинг кращих університетів світу).

Ці рейтинги спрямовані на оцінювання переважно наукової діяльності закладів вищої освіти та їх випускників. Їх складають авторитетні міжнародні організації, незалежність яких підтверджено прозорою та якісною методологією. Глобальне розповсюдження міжнародних рейтингів виявляється у всезростаючій кількості країн, які бажають отримати їх для надання престижності своїм науково-освітнім центрам, але на сучасному етапі до ТОП-10 глобальних університетських рейтингів потрапляють лише заклади вищої освіти виключно трьох країн: США, Великої Британії та Швейцарії.

Простежуючи динаміку розподілу найсильніших університетів та місце України за цільовими рейтингами у топ-100 за якістю університетів, можна констатувати, що найбільшу частка припадає на США — 39 університетів; на другому місці Велика Британія — 16, потім Німеччина — 9, Нідерланди — 8, Австралія — 6, Канада — 4. За підсумком перша шістка країн займає 82% місць у топ-100 [12]. З України до найкращих університетів світу цього року включили лише один — КНУ ім. Шевченка, хоча до рейтингу World University Rankings 2018 було подано п'ять українських закладів вищої освіти. Безумовно позитивним фактором є те, що кількість поданих закладів вищої освіти України у світових рейтингах за чотири роки збільшилась. Хоча інші чотири українських університети: Львівський національний університет ім. Франка, Національний університет «Львівська політехніка», НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Сікорського» та Харківський національний університет ім. Каразіна, попри включення до престижного світового рейтингу, отримали місця лише у категорії 1000+ [13].

Якщо зіставити університети з топ-100 рейтингів THE, ARWU и OS (топ-100 TR) за останній період, то з'ясується, що 56 університетів тим чи іншим чином представлені у топ-100 TR. Розподіл представлених університетів за країнами також підтверджує лідерство США — 28 закладів вищої освіти (50%) входять до складу топ-100 TR. На другому місці Велика Британія — 9 університетів входять до складу топ-100 TR. Оцінюючи взаємозв'язок кожного рейтингу з результатами минулих років, необхідно зазначити, що за незначний період часу склад топ-100 кожного рейтингу змінюється незначно.

Міжкраїнові розбіжності, що спостерігаються у представлених до топ-100 закладів вищої освіти, можна пояснити різницею у методичних підходах, які

використовуються рейтинговими агентствами. Якщо проаналізувати вплив наукометричних даних, статистичних показників та експертної оцінки, то у трьох розглянутих рейтингах вага цих груп буде відрізняться. Так, рейтинг THE на 33% залежить від суб'єктивних експертних оцінок. Рейтинг ARWU практично виключає суб'єктивний фактор: на 60% рейтинг формується індексами цитування авторів і на 30% залежить від нагород і премій. Рейтинг OS перебуває під впливом суб'єктивних оцінок і на 50% і на 30% залежить від індексу цитування.

Якщо ж успішність розглядати не через кількість нобелівських лауреатів, показники цитування та інші подібні характеристики, а через досягнення у всіх сферах діяльності, як це робить, наприклад, рейтинг Форбс, то відразу до групи лідерів потрапляють заклади, що акцентують увагу на інших складових освітньої діяльності. Натомість деякі з лідерів залишаються далеко позаду.

Крім того, показник кількості університетів у ТОП-100 найвідоміших міжнародних рейтингів не можна вважати повністю об'єктивним з причини неоднакової кількості закладів вищої освіти в різних за розміром країнах. Це, наприклад, пояснює відсутність серед лідерів THE і QS університетів Данії чи тільки 102 місце найкращого фінського університету в рейтингу QS.

Зазначимо, що кількість не завжди означає якість. Цікаву картину можна отримати, якщо зіставити кількість закладів вищої освіти, що входять до топ-100 TR, із загальною кількістю університетів у країні. Так, за отриманим співвідношенням лідером є Велика Британія (3% її університетів входять до топ-100 TR), тоді як для США цей показник знижується до 0,85% (менше 1% американських університетів представлено у топ-100 TR). При цьому загальна кількість закладів вищої освіти у США найвища у світі — 3280. На другому місці Китай — 2481, на третьому Індія — 1620, але університети цих країн до топ-100 TR не входять [14].

У міжнародному звіті «The European Higher Education Area: Bologna Process Implementation Report» зазначається, що у більшості країн-учасниць Болонського процесу (зокрема в 26 країнах) налічується від 11 до 100 закладів вищої освіти. Сербія та Чорногорія мають найменше число вищих навчальних закладів (від 11 до 20). Ірландія, Швеція та Фінляндія мають по 44 заклади вищої освіти. Чехія, Норвегія, Іспанія вміщують на своїй території по 70—90 вишів. У семи країнах число закладів вищої освіти коливається між 101—200, в тому числі у Португалії — 124, Туреччині — 184. Чотири країни мають більше, ніж 200 закладів вищої освіти, у тому числі Франція — 300, Німеччина і Польща — більше 400. Найбільше число закладів вищої освіти в Росії — понад 900 [15]. Для порівняння, кількість закладів вищої освіти в Україні на 2018 рік складає — 657 (6,5% у топ-100 TR) [13]. На основі вищезазначеного аналізу можна дійти висновку, що не університетів як таких аж надто багато в країні, а те, що існує багато неякісних ЗВО. Оскільки має місце надмірний попит на вищу освіту, необхідно саме в цьому руслі намагатися вирішувати проблему відсутності якісної й конкурентоспроможної вищої освіти, поєднувати реформу вищої освіти із реформуванням соціально-економічної системи країни загалом.

Розкриваючи питання «Чи можна вважати рейтинги засобом підвищення ефективності закладів вищої освіти?», зазначимо, що глобальні рейтинги перетворили вищу освіту у реляційний простір, в якому одні можливості збільшилися, а інші, навпаки, виявилися заблокованими.

Це відбулося завдяки трьом особливостям рейтингів. Перша — конкуренція: завдяки рейтингам у світі закріпилось розуміння вищої освіти як конкурентного ринку як для закладів вищої освіти, так і для цілих країн. Ця конкуренція пов'язана з академічною репутацією та із якістю досліджень, що проводяться, які і складають основне ядро рейтингів. Друга особливість рейтингів — ієрархія: рейтинги — ключовий елемент системи оцінки діяльності ЗВО, за яким реальним знанням випускників і дипломам, що пред'являються на ринках праці, призначається різна вага. Рейтинги стають інструментом, який більш щільно пов'язує університети з геополітикою, ринками праці та суспільним устроєм, в якому існує нерівність і в межах якого вони функціонують. Третя особливість — ефективність: рейтинги впровадили у систему вищої освіти економіку досягнень, що контролює поведінку ЗВО і досить часто стає причиною маніакального прагнення щось покращити.

Звернувшись до першої особливості рейтингів, зазначимо, що елементи нерівної конкуренції існують і в дослідженнях, і на ринку праці. Але, визначаючи конкуренцію основою індикаторів, стимулювання та заохочення, рейтинги надають їй значно більше сили та першочерговості. Вони перетворюють її на основну стратегію для багатьох керівників університетів. І в цілому це веде до зниження співробітництва у сфері вищої освіти.

Однак співробітництво існує, незважаючи на рейтинги. Можливо здається, що рейтинги стимулюють інтелектуальне співробітництво за рахунок сумісних публікацій, але така стратегія пояснюється знову індивідуальним інтересом тому, що сумісні публікації підвищують показники цитування. Щоб там не було, суть полягає в тому, що завдяки рейтингам принцип розподілу значної та постійно зростаючої частки ресурсів у вищій освіті призводить до багатьох конфліктів.

Розвитку співробітництва також перешкоджає сформована рейтингами ієрархія цінності. Незважаючи на свободу міжнародних інформаційних потоків в освіті й науці, результати діяльності вищих навчальних закладів оцінюються по-різному. Існує чітка ієрархія статусів. Однак те, що визначає цю ієрархію, — це не глобальна система оцінки результатів навчання. Такої системи просто не існує. Оскільки не проводиться порівняльний аналіз результатів навчання у різних країнах. Глобальна ієрархія закладів вищої освіти утворюється у результаті процесів кодифікації, оцінки й ранжирування, результати яких потім у загальному вигляді представляються у вигляді рейтингів і розповсюджуються по всьому світі.

Знання оцінюються завдяки параметрам, що прийняті в наукових журналах і в ієрархії самих журналів, через показники, які пов'язані з публікаціями та цитатами, і за підсумком вони знаходяться в рейтингах, що в основному базуються на оцінці наукової діяльності. Як уже зазначалось ARWU, Лейденський рейтинг і Scimago повністю засновані на оцінці результатів наукової діяльності, а THE — більше ніж на дві третини. Якщо раніше керівним прин-

ципом в економіці науки була репутація того чи іншого закладу вищої освіти, то під впливом рейтингів формується інституційна ієрархія, яка визначає цінність кожної організації, що виробляє знання, і відповідно, цінність вироблених знань як таких. Подібний підхід і розповсюдження рейтингів означає, що найпотужніші університети продовжують укріплюватися у своєму панівному становищі.

Розглянемо третю особливість рейтингів — підвищення ефективності. Саме її підвищення і є головним обґрунтуванням конкуренції. Якщо рейтинги дійсно засновані на справжніх показниках діяльності закладів вищої освіти і вимірюють дійсно важливі для закладів вищої освіти речі, то чим вище положення закладу у рейтингу, тим вище ефективність. Чи відбувається так насправді — не можна стверджувати однозначно [8, 11].

Можливо поява позитивного синергічного ефекту між рейтингами, стратегіями і конкретними діями, що спрямовані на розвиток, тобто коли покращення одного буде впливати на покращення іншого. Але проблеми є. Не всі види діяльності закладів вищої освіти враховуються у рейтингах. Немає індикаторів, які б давали змогу уникнути синергії у викладанні та навчанні, що утворює складності у стимулюванні цієї діяльності. Багато наукових показників, що враховуються рейтингами, можуть опинитися під впливом позитивної синергії, однак рейтинги приділяють мало уваги гуманітарним і соціальним наукам, більшості професійних дисциплін і взагалі не враховують наукові публікації, що написані не англійською мовою.

Що стосується природничих наук, то частка рейтингів виступають у ролі драйверів їхнього розвитку, а інші — ні. До перших відносять рейтинги, які спираються на внутрішні дані, що суперечать, про публікації і цитування (ARWU, Лейденський рейтинг і Scimago). Починаючи з 2003 р., наукоцентризовані рейтинги у більшості сприяли росту інвестицій в університетську науку і підвищенню її ролі у стратегіях розвитку університетів.

Однак рейтинги THE і QS виглядають ще більш неоднозначно. Вони також відкривають можливість для формування циклу позитивних перетворень в тому чи іншому вимірі, спираючись на надійні критерії виміру наукової роботи. Подібним ефектом може бути наділений, наприклад, показник цитування у розрахунку на одного співробітника, що використовується QS, або індикатори цитування та обсягів дослідницької роботи, які використовуються у рейтингу THE. Можливе припущення про те, що оскільки стимули для перетворень послаблені, показники, що безпосередньо характеризують науку, сховані глибоко всередині багатофакторних показників.

Показники інтернаціоналізації стимулюють підвищення кількості студентів, співробітників, сумісних публікацій, але їхня вага у підсумкових результатах рейтингів незначна: знову ж таки стимули до перетворень поховані під іншими компонентами багатофакторних показників.

Тож, може трапитися так, що рівень цитування у розрахунку на співробітника або показник інтернаціоналізації університету покращиться, а його рейтинг знизиться через результати репутаційних опитувань, які складають вагому частину рейтингів THE і QS, але які при цьому не стосуються реальної дійсності. Опитування відображають думку людей про результати діяльності

закладів вищої освіти, але не містять конкретних даних про цю діяльність. Таким чином розривається зв'язок між докладеними зусиллями, реальним прогресом і рейтингами, які і є основним елементом циклу перетворень. Те ж саме відбувається, коли рейтинг закладу вищої освіти змінюється у результаті незначних методологічних перетворень. Знову ж таки виходить, що логічний зв'язок між докладеними зусиллями, прогресом і рейтингом відсутній

Але студентам важлива репутація закладу вищої освіти, і цінність диплома залежить від неформальної ієрархії, що склалася. Так, репутаційна ієрархія сама по собі або складена за результатами опитувань і якої не торкнулися інші фактори, може надати важливу інформацію. Однак виключно репутаційний рейтинг, яким би цікавим він не був, не може бути постійним стимулом для покращень. Він може лише стимулювати ігри в ринкове позиціонування. Загалом, щоб репутаційні рейтинги йшли на користь суспільним інтересам і окремим учасникам ринку, репутація повинна оцінюватися на основі реальних результатів діяльності закладів вищої освіти.

Засновані на множинності індикаторів рейтинги містять величезні масиви даних, але вони не можуть послідовно ставати стимулом прогресу, оскільки не зрозумілий зв'язок між зусиллями, що докладаються у кожній конкретній області, і результатами рейтингів. З'являються різнопланові стимули. А результатів їхнього впливу не видно. У Шанхайському рейтингу різні індикатори, що використовуються, досить добре корелюють між собою, при цьому вони односпрямовані і містять схожі стимули. А от рейтинги THE і QS складаються на основі різнопланових індикаторів.

З іншого боку, якщо розібрати комплексні рейтинги на складові частини, то з'ясовується, що показники, які в них використовувались, дійсно могли б стимулювати підвищення ефективності закладів вищої освіти. У такому разі гонитва за рейтингом дійсно могла б сприяти досягненню більш високих результатів, а не покращенню репутації заради репутації як такої.

Висновки

Протягом останніх років країни світу (18000 ЗВО відповідно до всесвітньої бази даних про вищу освіту), в тому числі 47 країн Європи, (більше ніж 4000 ЗВО) та численні зацікавлені стейкхолдери продовжують адаптувати національні системи вищої освіти до стандартів світового простору вищої освіти, забезпечуючи їхню більшу сумісність, модернізуючи ступеневу структуру і зміцнюючи механізми забезпечення якості. Хоча країни рухаються в подібному напрямку на шляху реформ та відповідності світовим рейтингам, вони здійснюють це із вкрай різною швидкістю. В результаті фундаментальна основа світового простору вищої освіти ще не повністю стабільна.

Зростання конкурентоспроможності України неможливе без побудови сильної національної системи освіти, яка визнається міжнародним співтовариством. Це завдання поставлене на державному рівні, і результати вже відбиваються у розширенні представлення вітчизняних закладів вищої освіти в глобальних рейтингах. Аналіз принципів побудови рейтингів показує серйозні відмінності у вагових перевагах, що віддаються науковій і освітній діяльності університетів. Відмінності в розглянутих рейтингах підтверджуються

як відмінністю в заявленій методології, так і кореляційним аналізом. Світові рейтинги більшою мірою орієнтовані на оцінку наукового вектора, тоді як національний український рейтинг оцінює освітню функцію.

Зважаючи на національну специфіку системи освіти України, розробка рейтингу, що оцінює престиж університету з точки зору якості освіти і просування його у світовій спільноті, є перспективним напрямом для подальшого дослідження.

Література

1. Бабін І., Ликова В. Стратегія та сучасні тенденції розвитку університетської освіти України в контексті Європейського простору вищої освіти на період до 2020 р. URL: <https://www.tempus.org.ua/uk/national-team-here/238-strategija-ta-suchasnitendenciji-rozvitku-universitetskoji-osviti-ukrajini-v-konteksti-jevropejskogoprostoru-vishhoji-osviti-na-period-do-2020-r.-html> (дата звернення: 17.05.2018).
2. Йоселіані А.Д. Динаміка розвитку техно-, соціо- та інфосфер в сучасному глобальному світі. Гуманітарні науки. Вісник фінансового університету. 2016, 24. № 4. С. 74—82.
3. Карчева Г.Т., Огородня Д.В., Опенько В.А. Цифрова економіка та її вплив на розвиток національної та міжнародної економіки. Фінансовий простір. 2017, 27. № 3. С. 13—21.
4. Ляшенко В.І., Вишневський О.С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку: монографія. Нац. акад. наук України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2018. 252 с.
5. Шваб К. Четверта Індустріальна Революція: виклики, можливості. URL: hvy-lya.net/.../chetvertaya-industrialnaya-revoljutsiya-vyizovy-i-vozmozhnosti.ht_2017 (дата звернення: 19.10.2018).
6. Альтбах Ф., Хейзелкорн Э. Гонка за рейтингами в період масовизації вищого образования: забудьте о них! Международное высшее образование. 2017. № 89. С. 13—15.
7. Коломієць Г.М., Дідорчук І.Л. Рейтингі країн за рівнем ІТ-сфери як індикатори розвитку актуальних форм суспільного багатства. Бизнес Інформ. 2015. № 11. С. 8—15.
8. Марджинсон С. Способствуют ли рейтинги повышению эффективности? Международное высшее образование. 2017. № 89. С. 11—13.
9. Ставицька А. Оцінка позиціонування країн на світовому ринку інформаційних технологій: статистичні виміри індексного аналізу. Науковий вісник УНУ. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. 2017, 2. Вип. 12. С. 126—130.
10. Валенкевич Л.П., Фінкільштейн О.В. Аналіз сучасних рейтингів вищих навчальних закладів як інструменту оцінки якості вищої освіти. Державне регулювання процесів економічного і соціального розвитку, 42. № 3. 2013. С. 36—42.
11. Кайдалова А.В., Посилкіна О.В. Теоретико-методологічні підходи до оцінювання якості вищої освіти в контексті світових рейтингів вищих навчальних закладів. Фармацевтичний часопис: журнал. Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського. Тернопіль, 2015. № 3. С. 76—81
12. List of Fields Medallists. International Mathematical Union (IMU). URL: <http://www.mathunion.org/index.php?id=prizewinners> (Last access: 18.05.2018)
13. Рейтинги ВНЗ. URL: osvita.ua/vnz/rating/57268/ (дата звернення: 4.06.2018).
14. Countries arranged by Number of Universities in Top Ranks, July 2017 edition. Ranking web of Universities. URL: <http://www.webometrics.info/en/node/54> (Last access: 18.05.2018)
15. Освітні новини — Бліц-огляд. URL: <http://www.edu-trends.info/education-news-may-2018/> (дата звернення: 4.06.2018).

PERSPECTIVES OF IMPLEMENTATION OF AYURVEDIC WELLNESS SYSTEM IN UKRAINE: SOME VIEWPOINTS

A. Ukrayinets, G. Simakhina, N. Naumenko

National University of Food Technologies

Key words:

Ayurveda
Wellness
Prevention
Treatment
Spirituality
Harmony

Article history:

Received 11.01.2019
Received in revised form
28.01.2019
Accepted 07.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Ayurveda proposes the natural and safe treatment of illnesses which cannot be healed even by up-to-date European medical methods. Both ancient and contemporary Ayurvedic paradigms consider the factors like nutritional system, yoga, phytotherapy, organism detoxification, psychotherapy by meditation and prayers, the warranty of the proper state of health. Therefore, Ayurvedic methods have the great interest for studying, adoption, and implementation into the wellness system for Ukrainian population. Ayurveda foresees the creative and conscious approach to usage of its principles, regarding the local traditions, the relevant level of scientific development, demographical situation, and the intention of every citizen to reach longevity and increase the quality of one's life.

The article represents a brief review of literary data concerning the main Ayurvedic knowledge about healthy lifestyle, individual health and its constituents (corporal, mental and spiritual), and the principles to set up the true harmony between human and one's environment; these factors are the base of health and healing. Wide-spread in the Orient, Ayurveda evokes the larger interest in European countries, including Ukraine. This tendency is believed to be a consequence of worsening of ecological situation in the entire world, which has conditioned the growth of popularity of non-traditional methods to prevent and cure illnesses.

The art of using the natural remedies is one important side of Ayurvedic knowledge. Nowadays, the tendency to admit, implement, widen the frameworks and scientifically prove the Ayurvedic methods in national wellness practice gets more and more apparent.

The authors included in the article an array of viewpoints by master students majoring in "Technologies of Ayurvedic foodstuffs", about the expedience, necessity, and perspectives to imply Ayurvedic wellness system in Ukraine.

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ АЮРВЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ ОЗДОРОВЛЕННЯ В УКРАЇНІ: ТОЧКИ ЗОРУ

А.І. Українець, Г.О. Сімахіна, Н.В. Науменко
Національний університет харчових технологій

Аюрведа пропонує природне та безпечне лікування тих хвороб, які не піддаються навіть сучасним методам європейської медицини. І давня, і теперішня Аюрведа вважають запорукою належного стану здоров'я систему раціонального харчування, йогу, фітотерапію, детоксикацію організму, психотерапію через медитації та молитви. Тому методи Аюрведи являють великий інтерес для вивчення, запозичення, адаптації та впровадження в систему оздоровлення населення України. Аюрведа передбачає творчий і усвідомлений підхід до використання її принципів, зважаючи на місцеві традиції, сучасний рівень науки, демографічну ситуацію та бажання кожного громадянина досягти довголіття і підвищити якість життя.

У статті наведено короткий огляд літературних джерел щодо основних аюрведичних знань про здоровий спосіб життя, індивідуальне здоров'я — тілесне, душевне та духовне, і як завдяки єдності цих складників устанавлюється істинна гармонія між людиною та навколишнім світом, що і є основою здоров'я. Зацікавлення Аюрведою, поширеною на Сході, в сучасних умовах дедалі більше розповсюджується і в країнах Європи, в тому числі в Україні. Ця тенденція є наслідком погіршення екологічної ситуації у світі, що зумовило зростання популярності нетрадиційних методів профілактики і лікування, з використанням натуральних засобів.

Мистецтво використання природних матеріалів складає одну з важливих частин аюрведичних знань. У сучасних умовах дедалі більше простежується тенденція до сприйняття, запровадження, розширення масштабів та наукового обґрунтування застосування аюрведичних методів у вітчизняній практиці.

Наведено точки зору магістрантів, які навчаються за освітньою програмою «Технології аюрведичних харчових продуктів», стосовно доцільності, необхідності та перспектив впровадження в Україні оздоровчої аюрведичної системи.

Ключові слова: *Аюрведа, оздоровлення, профілактика, лікування, духовність, гармонія.*

Постановка проблеми. Досягнення науково-технічного прогресу, різке погіршення екологічної ситуації в другій половині ХХ ст., зумовлене технічним прогресом та іншими об'єктивними і суб'єктивними чинниками, сучасний спосіб життя з характерними для нього надлишком у раціоні калорійної, жирної їжі, недостатнім вживанням фруктів, овочів та харчових волокон, гіподинамією й стресами призвели до появи нових та різкого зростання відомих захворювань. З'явився термін «хвороби цивілізації»: синдром хронічної

втоми, атеросклероз, ожиріння, серцево-судинні, ендокринні, психічні та інші захворювання.

У матеріалах Всесвітньої організації охорони здоров'я (Женева) «Звіт про стан здоров'я в світі» за 2000 рік сказано: «Глобальну тенденцію погіршення здоров'я, що склалася на сьогодні, можна змінити, перейшовши до розумнішого режиму, адекватної фізичної активності, правильного харчування та вживаючи необхідних заходів з охорони довкілля — не лише для захисту здоров'я від несприятливих чинників, а й для поліпшення якості життя».

Збереження природного здоров'я сьогодні і в майбутньому — це передусім індивідуальна відповідальність кожного за свій стан. У зв'язку з цим головне — підвищити обізнаність і зацікавленість населення, особливо молоді, в питаннях збереження здоров'я, здорового харчування.

Тому вивчення різних систем оздоровлення, їх індивідуальний вибір, перехід від традиційної медицини, орієнтованої на лікування хвороб, до профілактики і зміцнення здоров'я нетрадиційними методами стало нагальною потребою. І найбільш ефективним із них є аюрведична система оздоровлення — невичерпна мудрість Давнього Сходу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аюрведа — найважливіша спадщина, яка дійшла до нас від давніх цивілізацій Сходу. Це мистецтво, яке дозволяє кожному зрозуміти своє призначення в цьому світі, розкрити свої таланти, набути фізичного та духовного здоров'я, запобігти передчасному старінню і подовжити активне творче довголіття. Аюрведа перевірена тисячоліттями і знову в наш час знаходить усе більше прихильників на усій планеті. Адже це і філософія, і мистецтво, і теорія, і наука. Наука про здоров'я. І сьогодні є переконливі підтвердження того, що деякі положення Аюрведи підпорядковуються законам хвильової механіки [1]. З'ясувалось, що хвороба у живому організмі зароджується на атомарному рівні, а традиційна медицина лікує його на молекулярному рівні. Тобто вже в далекій давнині адепти Аюрведи на інтуїтивному, емпіричному рівні зрозуміли те, що сучасні вчені намагаються описати формулами та фізичними законами, заглянувши всередину атома.

Тому задум авторів пропонованої статті спрямовано на мотивування студентів, молоді, інших читачів до потреби культивувати здоровий спосіб життя, допомогти їм зрозуміти, що кожна людина повинна знати про себе все необхідне для розумної життєдіяльності. Кожна людина несе індивідуальну відповідальність за своє здоров'я, кожна людина, врешті-решт, мусить розуміти, що вона потрібна передусім сама собі, а оздоровлення — це не одноразова лікувальна чи профілактична акція, а спосіб життя на всі роки. І саме Аюрведа та інші системи оздоровлення дають різноманітні практичні поради, реалізуючи які можна навчитись підтримувати своє здоров'я в належному стані, насолоджуватись довгим повноцінним щасливим життям. Сучасна наука підтверджує давньоіндійські канони: людина безпосередньо пов'язана з Природою як першоджерелом енергії. І тому найбільш результативними є природні методи оздоровлення.

Більш того, емпіричний досвід давньоіндійських цілителів підтверджується результатами наукових досліджень: сьогодні відомо, що живі організми належать до відкритих термодинамічних систем і підпорядковуються їхнім основним законам. Так, енергетичні витрати відповідають першому та другому принципам термодинаміки, але, на відміну від неживої природи, в організмі людини ніколи не настає термодинамічна рівновага, а лише підтримується стаціонарний стан, тобто сталі основні показники [2].

Сталість цих показників забезпечується раціональним харчуванням. З точки зору Аюрведи і здобутків сучасної науки, харчування належить до найважливіших чинників довкілля, яке безпосередньо протягом усього життя впливає на організм людини. Біокомпоненти харчових продуктів, перетворюючись у процесах метаболізму на структурні та функціональні елементи клітин живого організму, забезпечують його фізичну та розумову працездатність, адаптаційні можливості, імунний статус, тривалість життя, соціальну та професійну активність.

І протягом майже 5 тисяч років Аюрведа пропонує натуральне та безпечне лікування навіть тих хвороб, які не підвладні європейській медицині, а в основі лікування лежить правильне харчування. Наприклад, людям, які проживають у північних країнах, Аюрведа рекомендує частіше використовувати живий вогонь — запалювати свічки, сидіти біля каміну або вогнища; регулярно приймати такі еліксири, як «Чаванпраш», «Оджас пушти», «Амрит-калаш», мед, масло Гі [3].

Екзотичне і загадкове слово «оджас» в Аюрведі розглядається як тонка есенція всіх життєвих рідин, що відповідають за здоров'я, гармонію і духовний ріст людини [4], а сучасна наука переконана, що оджас витрачається для захисту і поділу молекул ДНК, тому він зберігається в клітинному ядрі, забезпечуючи відновлення втрачених фрагментів дезоксирибонуклеїнових кислот — теломерів — при поділі клітин [5]. Таким чином, інтуїтивні знання давніх мудреців підтверджуються і обґрунтовуються новими науковими даними.

Тому **метою** цієї статті є аналіз основних принципів Аюрведи, які орієнтовані на духовне, душевне, фізичне оздоровлення людини, та з'ясування перспектив впровадження цих принципів в Україні сьогодні і на майбутнє.

Матеріали і методи. В основу методологічної бази цього дослідження покладено методи наукового пізнання, системного підходу, узагальнення праць зарубіжних і вітчизняних учених у даному напрямі. Щоб показати різні точки зору з питання перспектив впровадження принципів Аюрведи в Україні, до матеріалів статті включено також найбільш аргументовані міркування магістрантів, що навчаються за освітньою програмою «Технології аюрведичних харчових продуктів», висловлені ними в межах семінарських занять та дискусій.

Викладення основних результатів дослідження. Історія пошуків шляхів довголіття — це історія розвитку філософських уявлень учених Сходу та Заходу щодо самої сутності життя, багатовіковий шлях від суб'єктивних знань до науково обґрунтованих принципів здоров'я та здорового способу життя.

Усе більше громадян намагається жити за законами природи, правильно харчуватись, займатися фізичними тренуваннями, позбавитись шкідливих

звичок, оскільки на сьогодні незаперечним є факт, що кожна людина несе індивідуальну відповідальність за стан свого здоров'я, тривалість і якість життя [6].

Величезний інтерес до цієї потреби викликав появу на книжковому ринку України різноманітної науково-популярної літератури, присвяченої трактуванню різних оздоровчих систем. І сьогодні кожен може ознайомитись і використати практичні рекомендації Аюрведи [7] та особливостей йоги («юдж» — зв'язувати, з'єднувати, зосереджувати увагу) [8], системи Дзен («дх'яна» — медитація, Вон К'ю Кіт, 1999) та істотної складової — макробіотики, тобто системи, що допомагає подовжити тривалість життя (Дж. Осава, 2003), оздоровчої системи японського натуропата Кацудзо Ніші (Ниши Кацудзо, 2009), системи зцілення та оздоровлення Рейкі (Рэйки, 2000), системи Суджок (Чжэ Ву Пак, 2008), тибетської та китайської медицини (Чжуд Ши, 1998) та багатьох сучасних систем оздоровлення.

У цьому розмаїтті літератури легко розгубитись, важко зорієнтуватись у правильному виборі для себе тієї чи іншої системи. Тим більше, що ряд посібників написали автори, далекі від медицини; їхні матеріали містять багато суперечностей і недостовірної інформації.

Разом з тим, об'єктивний аналіз систем оздоровлення показує, що в історії розвитку цивілізації і віковій мрії людства про довголіття особливе місце посідає давньоіндійське вчення. Відомий сучасний психолог А. Левшинов називає Аюрведу не лише найвеличнішою пам'яткою філософсько-літературної думки, а й першоджерелом світової культури [9].

Аюрведа наче передбачаючи майбутнє, дає відповіді на основні питання, які турбують і турбуватимуть людство: самовдосконалюйтесь, і ви пізнаєте себе, навколишній світ, ваше минуле, нинішнє і майбутнє.

Сучасна Аюрведа вважає основними чинниками здорового життя п'ять головних складників: систему правильного харчування, йогу, фітотерапію, детоксикацію організму, психотерапію через медитації та молитви [10]. Ці твердження не лише доповнюють одне одного, а й констатують основну суть Аюрведи: здоров'я людини — це взаємодія фізичного стану, ментальності і духовності. Без духовного аспекту життя вирішити проблему здоров'я неможливо.

У своїх роздумах про здоров'я Микола Михайлович Амосов наводить дуже схожі думки: «Для здоров'я однаково необхідні чотири умови: фізичні навантаження, обмеження у харчуванні, загартування, час і вміння відпочивати. І ще п'яте — щасливе життя!» [11].

Така спорідненість поглядів адептів Аюрведи та визначних вітчизняних учених у з'ясуванні основних критеріїв і шляхів оздоровлення людини є гарантією того, що Аюрведі в Україні бути! Ця оздоровча система не лише зберегла свою популярність впродовж тисячоліть, а й фактично переживає свій ренесанс на європейському ґрунті.

Настав час для Аюрведи і в Україні, оскільки з'явився потяг до вегетаріанства, зростає популярність здорового харчування та натуральних засобів профілактики і лікування хвороб. Основною проблемою, яка поки що стримує впровадження аюрведичної системи оздоровлення в Україні, є відсут-

ність кваліфікованих фахівців як із автентичної аюрведичної медицини, так і аюрведичного харчування. Вирішення основної частини цієї проблеми взяв на себе Національний університет харчових технологій, коли 3 роки тому за ініціативою ректора НУХТ проф. А.І. Українця та рішенням Вченої ради в університеті вперше в Європі було запроваджено нову магістерську програму «Технології аюрведичних харчових продуктів». І уже третє покоління магістрантів вивчає особливості аюрведичної системи оздоровлення, створення аюрведичних харчових продуктів, що є запорукою впровадження та розвитку в Україні цієї величної науки про життя (у перекладі з санскриту «аюс» — життя, «веда» — наука).

В ході семінарських занять та при проведенні диспутів студенти цієї освітньої програми висловили своє бачення та свої міркування стосовно перспектив впровадження аюрведичних основ в Україні. Цитуємо найбільш аргументовані виступи.

Студентка *Д.О. Василець* (2016 р.): «Як спеціаліста в харчовій галузі, найбільше мене цікавить саме аюрведична кулінарія, яка несе здоров'я, щастя та зберігає рівновагу організму в будь-яку пору року. Аюрведа містить глибоке розуміння того, які харчові продукти підходять і встановлюють рівновагу в організмі кожної конкретної людини, як правильно готувати ці продукти, і як уникнути такої їх комбінації, яка призведе до утворення токсинів в організмі.

Аюрведичну кулінарію можна вважати унікальною в тому сенсі, що кожне страва в ній готується таким чином і з додаванням таких спецій, які максимально сприяють його перетравлюванню і при цьому надають йому найкращого смаку та поживної цінності. В Аюрведі немає чіткої межі між травами і спеціями, які вживаються в кулінарії для поліпшення смаку і стимуляції травлення, і лікувальними травами. Таким чином, роблячи нашу їжу смачною, вони виконують і лікувальну роль. Використовуючи знання про аюрведичну кулінарію, які я отримала в університеті, маю на меті розробити нові та цікаві рецепти, які будуть легше сприйматись українцями. І це все сприятиме досить ефективному впровадженню аюрведичних принципів в Україні».

Студентка *Н.В. Гуленок* (2016 р.): «Знання, які доносить до нас наука, мають відображення тієї мови на якій висловлені її ідеї. Санскрит є невід'ємною частиною Аюрведичних знань. На відміну від англійської мови, яка є мовою аналізу, санскрит є мовою синтезу, він поєднує фрагменти в цілісні структури. Тому сучасна комп'ютерна інженерія, прагнучи створити штучний інтелект, вивчає і застосовує санскрит. Провідні університети Західної Європи і США мають інститути по вивченню санскриту. В дорадянський період санскрит вивчали в університетах України для інтелектуального поступу. В наш час санскрит є особливо життєво важливим. Тому для духовного та інтелектуального поступу й оздоровлення нації всі свідомі українці мають долучатися до вивчення мови наших давньоукраїнських предків — санскриту. Санскрит дав силу нашому народу вижити й вистояти впродовж тисячоліть. Вивчення санскриту під силу кожному, хто володіє українською мовою, завдяки спорідненості цих мов».

Студентка *І.М. Чухно* (2016 р.): «Для українців вчення Аюрведи повністю не розкрито, оскільки більшість населення навіть не має поняття «що воно таке є». Проте на сьогодні в Україні вже відкрито центри, салони, кафе, різноманітні магазини, де можна пізнати особливості Аюрведи і, звичайно, люди зацікавлені у цьому напрямі. Звісно українцям важко пристосуватися до умов Аюрведи, її приписів, законів, оскільки не кожна людина зможе відмовитися від звичайних для себе умов середовища, розпорядку дня, харчування. Але ж саме Аюрведа веде нас до здорового та довголітнього життя. Незважаючи на те, що Індія та Україна відрізняються за кліматом, вірою, переліком харчових продуктів, українське населення може спробувати себе у цьому вченні і пристосовуватися до нього. Звісно одразу все не буде ідеально, будуть певні нюанси, проте все можливо. Тож я вважаю, що українському населенню можна і потрібно адаптуватись до прийомів Аюрведи».

Студентка *К.П. Бондаренко* (2016 р.): «На сьогодні Аюрведа визнана найбільш перспективною системою для розвитку медицини в 21 столітті, вона включена в програму освіти медиків. Знайомство з Аюрведою і дотриманням її принципів у повсякденному житті буде корисно людям, які хочуть бути здоровими і щасливими.

На Заході спосіб життя «за Аюрведою» вже давно є дуже модним. Результати цього захоплення ми не раз бачили в кіно і журналах — карколомна зовнішність Мадонни, Ніколь Кідман, Демі Мур, Сінді Кроуфорд. З недавніх пір Аюрведа стає трендом і в Україні, заслуговуючи популярність в медицині і косметології. Відтак почали з'являтися Аюрведичні центри, клініки, заклади харчування, магазини та ін. Зокрема вже став відомим Аюрведичний центр в Києві, який поєднує в собі і клініку, і заклад харчування, і кафе, і студію йоги та має таку ж назву — «Аюрведа». Отже, на мою думку, в Україні є велика перспектива виробляти аюрведичні продукти. Оскільки Україна — це аграрна країна, то ми маємо великі перспективи виробляти свіжі молочні продукти, вирощувати свіжі овочі та фрукти і бути здоровими».

Студентка *Н.М. Кравченко* (2016 р.): «Більше за все в аюрведичних практиках та в староіндійських вченнях мене приваблює перспектива саморозвитку. Найбільша загроза нашого суспільства — процес деградації. Займаючись самовдосконаленням ми розвиваємо не тільки себе, а й мотивуємо інших не стояти на місці. За період навчання на даній спеціальності, а це майже три місяці, я мала змогу ознайомитись та поринути в дивовижну країну — Індію. Вона наче маленький і надзвичайно яскравий світ, наповнений різнобарв'ям прянощів, квітів та їх ароматів, звуків мантри. Опинившись у вирі подій, зрозуміла, що потрібно скористатись цим шансом, який дала мені доля, та почала активно саморозвиватись, а також намагатись адаптувати основні положення Аюрведи до умов України. Також одним із виявлених позитивних моментів є той, що Аюрведа ще не набула популярності в нашій країні, та ми можемо самостійно розвивати, адаптувати її і врешті стати визначними фахівцями в цій справі. Працюючи кухарем в аюрведичному ресторані, можемо покращити життя інших людей. Прикрасити їх буденність кулінарними шедеврами, підібраними з особливою турботою про кожного відвіду-

вача. Від того, крім матеріального задоволення отримуємо і духовне, що так важливо в нашому житті.»

Студентка *Г.А. Слободяник* (2016 р.): «На мою думку, щоб створити в Україні ідеальну систему оздоровлення на основі Аюрведи, потрібно сформулювати глобальну інфраструктуру з локацій, кваліфікованого персоналу в різних галузях (медична, харчова, дієтологічна, косметична та інші). Для того, щоб здійснити задум моєї індивідуальної системи оздоровлення, потрібно здобути ще неабиякий досвід в даній галузі, а також набути навиків, необхідних для реалізації в соціумі.»

Далеко не всі методи Аюрведи зрозумілі з точки зору сучасної науки, хоча чітко простежується тенденція до поступового їх сприйняття і наукового обґрунтування. Так сталося, наприклад, із ведичним ученням про чакри — енергетичні центри, вузли перетину горизонтальних і вертикальних ліній навколо біополя людини; із тими знаннями давніх мудреців щодо спотворення цього біополя у місцях із інтенсивним гравітаційним випромінюванням Землі (так звані патогенні зони). Українські вчені *О. Полубелов* та *В. Траченко* розробили методіку реєстрації біополя людини, про що написали у своїх книзі «Від біолокації до біополя» (Київ, 1995), довівши реальність тих знань, які тисячі років тому сформульовано в Аюрведі, і доцільність їх використання в умовах сучасності.

У наші дні в умовах України виробництво, приготування та застосування фітопрепаратів за приписами аюрведичної медицини цілком доступне. Наприклад, *Д. Фроулі* в своїй книзі наводить перелік 196 трав, які традиційно використовуються в Європі. З них понад 90 мають свої аналоги в аюрведичній медицині (аїр, алтей, базилік, гібіскус, гірчиця, кедр, конюшина, льон, малина, мати-й-мачуха тощо). І хоча деякі з основних аюрведичних трав не мають аналогів у європейській фітотерапії, наведений перелік показує, що і в Індії ряд наших трав використовується досить широко. Багато аюрведичних трав — поширені спеції, наприклад імбир, коріандр, куркума, пажитник. Із цих та інших широко розповсюджених в Україні трав і спецій можна легко приготувати аюрведичні фітокомпозиції з належним фармакологічним результатом. Або за рекомендованими приписами, що включають суто індійські трави, можна легко підібрати близькі за фізіологічною дією відповідники серед вітчизняних рослин.

Ще один приклад доступної адаптації аюрведичних продуктів для умов України. В аюрведичній практиці широко застосовуються різноманітні масла на основі так званого масла *Гі*. Вони є ефективними тоніками для нервів, живлять мозок і нервову тканину. Масло *Гі* чудово поєднується з гіркими травами, посилюючи їхню дію; більшість гіркот та зміцнюючих нервову систему засобів набувають додаткової цілющої сили, якщо готувати їх із маслом *Гі*. А насправді це чудодійне масло відоме у нас під назвою «топлене масло», і його дуже легко приготувати в домашніх умовах зі звичайного несоленого вершкового масла. А відомий в Аюрведі «йогівський чай» теж досить доступний: до його складу входить свіжонатертій корінь імбиру, цільне насіння кардамону та гвоздики, паличка кориці, тобто все те, що є в кожного на кухні.

Важливим підґрунтям поширення в Україні саме аюрведичних знань є результати численних наукових досліджень українських та зарубіжних авторів (С. Наливайка, М. Іванченка, В. Шаяна, Б. Рибокова та інших), які свідчать про те, що індуси та українці мають спільне коріння. Більш того, з праць зарубіжних учених М. Віллера та С. Клейна випливає, що ще в добу Трипільської цивілізації, а саме — в період IV—II тисячоліття до н. е., із українських земель переселились до витоків Інду кілька вихідців-колоністів. Ця перша хвиля створила у північно-західній Індії так звану індську цивілізацію [12; 13].

На зв'язок з українськими землями вихідців першої хвилі до витоків Інду вказують також індійські автори. Так, учені Археологічної служби Індії заявляють про тотожність пам'яток індської та трипільської культур.

Дослідник І. Летгем переконаний, що імпульс виникненню давньоіндійської мови — санскриту (самскриті — удосконалення, покращення, культура, цивілізація) дала мова вихідців з українських земель [14].

Висновки

Тисячолітній досвід Аюрведи з профілактики та лікування хвороб викликає захоплення своєю багатогранністю та глибиною. Не розпорошуючись на дрібниці, Аюрведа окреслює реальні шляхи досягнення максимальних можливостей людини, усвідомлення нею гармонії з навколишнім світом та космосом — першоджерелом усього створеного.

У такій єдності Аюрведа вбачає запоруку індивідуального здоров'я, майстерності постійного духовного та фізичного вдосконалення, чіткості сприйняття всього того, що нас оточує, здатності до найвищих поривань добра та справедливості. Аюрведа орієнтує кожного на безупинне і необмежене сходження у пошуках сенсу свого буття — це майже не вимагає матеріального «підживлення», однак здатне розширювати межі людини і повести її до висот духу, який відкриває невичерпні джерела моральної сили. Так стверджує Аюрведа. Такої ж думки дотримується В.І. Вернадський, який назвав цей принципово новий етап в еволюції природи біосферою.

Подивімося на проблему оздоровлення очима східних мудреців. Прислухаймося до їхніх порад, рекомендацій. Мистецтво бути здоровим і молодим за Аюрведою — це система фізичного, духовного і психічного очищення. Навіть набувши частини знань і досвіду у самопізнанні, саморегулюванні, лікуванні хвороб і оволодінні прихованими можливостями свого організму, котрі століттями акумулювали мешканці Індії, Китаю, монахи Тибету, ми зуміємо позбавитись багатьох недуг, навчимося тонко відчувати свій організм і, встановивши з ним «зворотній зв'язок», перейдемо на керування цим мікрокосмосом.

Творче використання принципів Аюрведи, її адаптація до умов України, життя, клімату та системи харчування населення допоможе відродити свої стародавні традиції і збудувати нову оздоровчу систему, в якій об'єднується давня індійська мудрість із новітніми досягненнями науки і медицини. Запорукою впровадження і ефективного існування в Україні оздоровчої аюрведичної системи служать ті молоді кадри, яких уже підготував Національний

університет харчових технологій і готуватиме далі. А головне — бажання молоді відповідати за своє індивідуальне здоров'я, використовуючи для цього і традиційні підходи, і все те, що дарують аюрведичні знання.

Література

1. Фроули Д. Аюрведическая терапия; пер. с англ. Москва: Саттва, Профиль, 2015. 448 с.
2. Гулий І.С., Сімахіна Г.О., Українець А.І. Основи валеології. Валеологічні аспекти харчування: підручник. Київ: НУХТ, 2003. 336 с.
3. Лад В., Лад У. Аюрведическая кулинария; пер. с англ. Москва: Саттва, Профиль, 2014. 320 с.
4. Агниваса А. Введение в Аюрведу; пер. с англ. Москва: Профит-Стайл, 2011. 160 с.
5. Свобода Р. Аюрведа: жизнь, здоровье, долголетие; пер. с англ. Москва: Саттва, Профиль, 2016. 384 с.
6. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Функціональні зміни в організмі людини в екстремальних умовах та їх біокорегування компонентами харчових продуктів. *Наукові праці НУХТ*. Т. 23, №5, ч. 2. 2017. С. 94—102.
7. Аюрведа: руководство по практическим методам / под общ. ред. В. И. Бородкина. Минск : Вида-Н, 2000. 267 с.
8. Эберт Д. Физиологические аспекты йоги; пер. с нем. Санкт-Петербург: Невский проспект, 2003. 304 с.
9. Левшинов А. А. Энциклопедия: системы оздоровления Востока и Запада. Санкт-Петербург: ЕВРОЗНАК, 2004. 608 с.
10. Дмитрієва А.В. Аюрведа. Вступ до ведичної медицини. Київ: НВП Поліграф-Сервіс, 2015. 128 с.
11. Амосов Н. М. Энциклопедия Амосова. Алгоритм здоровья. Человек и общество. Москва: АСТ; Донецк: Сталкер, 2003. 464 с.
12. Наливайко С. І. Індодарійські таємниці України. Київ: Либідь, 2004. 219 с.
13. Уиллер М. Древний Индостан. Раннеиндийская цивилизация; пер. с англ. Москва: Гранд, 2005. 227 с.
14. Барроу Т. Санскрит. Москва: ЭКСМО-Пресс, 1996. 295 с.

THE MULTICRITERIAN CHOICE OF BURGER FORMING MACHINE

V. Vasytkov, O. Chepeliuk, O. Chepeliuk

National University of Food Technologies

Key words:

Multicriterial choice
Spectral analyze
Pareto optimal solutions
Distance to the goal
Equipment
Technical level

Article history:

Received 09.01.2019
Received in revised form
24.01.2019
Accepted 08.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The selection of equipment for the production lines arrangement is a task of multicriteria choice, where the technical and economic indicators of the work of equipment samples serve as criteria. It is expedient to evaluate the equipment technical level with the use of quantitative and graphical methods. The essence, possibilities and results of the application of three methods of multicriteria choice — spectral analysis, Pareto and distance to the goal — are demonstrated on the example of the technical level evaluation of low-productivity burger forming machines.

The task of the selection of equipment that can provide production with the highest possible productivity and the lowest energy costs and overall sizes is solved. Eight samples of equipment from leading manufacturers are considered. As indicators, which were compared, the productivity, power consumption, capacity hopper, overall sizes and weight of equipment were selected. The importance of each of these indicators is taken into account. During the work it was found that the results obtained by these methods are the same: according to the selected criteria, the La Minerva C/E 653 1ph of the Italian manufacturer should be preferred.

The method of spectral analysis which involves comparing all the definite combinations of features which describe the object, has advantages over Pareto and motion to the goal methods, because it provides a generalized mathematical evaluation of the equipment samples which are considered and gives an opportunity to complex take into account all criteria that characterize the technical level of equipment and efficiency of his work. A method does not need the presence of the special skills of work with graphic information and it is most formalized.

The correctness of a decision primarily depends on the correct choice of indicators to be compared. In their composition, in the future it is necessary to include indicators of reliability and durability, as well as quality indicators of finished products.

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КОТЛЕТНИХ ВИРОБІВ

В.В. Васильков, О.М. Чепелюк, О.О. Чепелюк
Національний університет харчових технологій

Підбір обладнання для компонування технологічних ліній є задачею багатокритеріального вибору, де як критерії виступають техніко-економічні показники роботи альтернативних варіантів обладнання. Оцінювати рівень досконалості обладнання доцільно з використанням кількісних і графічних методів. Суть, можливості і результати застосування трьох методів багатокритеріального вибору — спектрального аналізу, Парето і відстані до мети — продемонстровані на прикладі оцінювання технічного рівня машин для формування котлетних виробів невеликої продуктивності.

У статті вирішено завдання вибору обладнання, здатного забезпечити випуск продукції з максимально можливою продуктивністю при найменших енергетичних витратах і габаритах. Розглянуто вісім зразків обладнання провідних виробників. Для порівняння було обрано такі показники: продуктивність, споживану потужність, місткість завантажувального бункера, габарити і масу обладнання. Враховано вагомість кожного із перерахованих показників. У ході дослідження встановлено, що результати, отримані цими методами, однакові: за обраними критеріями перевагу слід надати машині La Minerva C/E 653 Iph італійського виробника.

Метод спектрального аналізу, який передбачає порівняння всіх визначених комбінацій ознак, має переваги перед методами Парето і руху до мети, оскільки забезпечує узагальнену математичну оцінку зразків, що розглядаються, і дає можливість комплексно врахувати всі критерії, які характеризують технічний рівень обладнання та ефективність його роботи. Метод не потребує наявності спеціальних навичок роботи з графічною інформацією і є найбільш формалізованим.

Правильність рішення насамперед залежить від коректного вибору показників, що порівнюються. До їх складу в подальшому обов'язково необхідно включати показники надійності і безвідмовності роботи, а також якісні показники готової продукції.

Ключові слова: багатокритеріальний вибір, метод спектрального аналізу, метод Парето, метод відстані до мети, обладнання, технічний рівень.

Постановка проблеми. Компонування технологічних ліній для харчової промисловості пов'язано з певними складнощами, обумовленими потребою обґрунтовано обирати відповідне обладнання. Спеціалісти, які цим займаються, насамперед керуються власним досвідом, орієнтуючись, переважно, на вартість і продуктивність обладнання, впізнаваність торговельної марки. Але різноманіття пропозицій на ринку однакового цінового сегмента ускладнює це завдання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методи обґрунтованого вибору обладнання для компонування технологічних ліній, які передбачають оцінювання і порівняння рівня його досконалості, активно розроблялися наприкінці ХХ ст., однак широкого застосування не отримали. Не змінилася суттєво ситуація і останніми роками, хоча окремі публікації, пов'язані з оцінюванням технічного рівня обладнання в різних галузях промисловості, зокрема харчовій [1], гірничо-видобувній [2], енергетиці [3], радіоелектроніці [4] з використанням графічних або кількісних методів, з'являються.

Окремо слід виділити наукові дослідження, присвячені проектуванню обладнання з функціональних модулів, в яких вирішується завдання оптимізаційного синтезу машин зі структурних елементів, характеристики яких порівнюються. Наукові школи, які займаються функціонально-модульним синтезом обладнання, зокрема машин для пакування харчової продукції, плідно працюють в НУХТ [5] і Луцькому НТУ [6].

Технічний рівень обладнання є відносною характеристикою його якості і базується на зіставленні показників, які характеризують його технічну досконалість, порівняно з базовими значеннями. Технічний рівень обладнання характеризують набором показників, які об'єднують в чотири групи: функціональні, технологічні, економічні, антропологічні. При оцінюванні альтернативних варіантів обладнання, кожен з яких характеризується набором параметрів, маємо багатокритеріальну задачу.

У загальному виді математична модель (ММ) багатокритеріального завдання описується виразом:

$$MM = \langle \eta, S, K, L, H, \varphi \rangle,$$

де η — тип багатокритеріального завдання (оптимізація, ранжирування, вибір), S — множина варіантів системи, яка оцінюється, K — множина критеріїв, за якими оцінюється система; L — шкала оцінок за кожним критерієм, H — система пріоритетів на множині варіантів S , φ — правило розв'язання, яке на множині варіантів S задає відношення переваг згідно із системою пріоритетів H .

Для пошуку кращого розв'язання необхідно множини варіантів S представити в просторі критеріїв K зі шкалами оцінок L і згідно із правилом розв'язання φ упорядкувати цю множину, використовуючи систему пріоритетів H .

Найбільш поширеними є два типи завдань — оптимізація і вибір, які відрізняються, насамперед, правилами розв'язання.

Детерміновані методи оптимізації функцій з багатьма змінними застосовують, якщо вдається окремі критерії, для кожного з яких визначена вагомість, звести до одного узагальненого (інтегрального) [7]. У випадку оцінювання технічного рівня устаткування розробити такий узагальнений критерій, врахувавши різні техніко-економічні аспекти, та забезпечити чутливість багатокритеріальної моделі, не вдається. Тому доцільно звернути увагу на методи багатокритеріального вибору найкращого варіанта з множини тих, які розглядаються. Теорія вибору і прийняття рішень може бути використана для проведення наукового аналізу всіх можливих варіантів технічних рішень для того, щоб знайти найбільш ефективне з них.

Незважаючи на наявність великої кількості розроблених методів, в математичній теорії вибору і прийняття рішень поки що немає загальноприйнятої стратегії вирішення практичних інженерних завдань і чітких критеріїв для порівняння самих методів вибору.

Мета статті: продемонструвати перспективи впровадження в освітній і виробничий процеси методів багатокритеріального вибору, що дасть можливість обґрунтовано приймати рішення, об'єктивно оцінювати технічний рівень і, відповідно, оснащувати підприємства найбільш ефективним устаткуванням, що на сьогодні визначає фінансову стабільність підприємств.

Матеріали і методи. Можливості використання трьох методів багатокритеріального вибору — методів спектрального аналізу, Парето і відстані до мети — для комплексного оцінювання технічного рівня обладнання продемонстровані на прикладі вибору найкращого варіанта машини для формування котлетних виробів малої продуктивності, щоб у закладі громадського харчування на малій площі з мінімальними витратами забезпечити випуск якісної різноманітної продукції.

Для восьми варіантів обладнання для формування котлетних виробів відповідних компаній — італійських «La Minerva» (машина La Minerva C/E 653) та «CRM» (машина Planus), німецької «GPM» (машина GPM AK-MR 400), англійської «Deighton» (машина Formatic R3000), іспанської «Gaser» (машина Gaser A-2000), російської Эльф 4М НПП (машина ИПКС — 123) та української «Карлівський механічний завод» (машина АК2М-40) — виконана комплексна оцінка технічних характеристик — продуктивності, потужності, розмірів завантажувального бункера, габаритів обладнання та його маси (табл. 1). Для спрощення під габаритом будемо розуміти об'єм, який займає обладнання.

Таблиця 1. Технічні характеристики машин для формування котлетних виробів

Характеристика машини	Марка обладнання							
	ABM F-2000	La Minerva C/E 653 1ph	PLANUS	FORMATIC R3000	AK2M-40-Y	ИПКС - 123	Gaser A-2000	GPM AK-MR 400
Номер варіанта	1 S ₁	2 S ₂	3 S ₃	4 S ₄	5 S ₅	6 S ₆	7 S ₇	8 S ₈
Продуктивність, шт./год	2000	3900	2100	3000	3900	1680	1900	2100
Потужність, кВт	0,75	0,7	0,37	0,75	0,55	0,55	0,75	0,37
Місткість бункера, л	20	23	32	15	20	50	20	32
Об'єм, м ³	0,189	0,166	0,297	0,29	0,373	0,312	0,183	0,6
Маса, кг	67	50	75	95	90	90	66	100

Рішення багатокритеріальної задачі оцінювання та вибору кращого варіанта *методом спектрального аналізу* передбачає заміну множини варіантів, що порівнюється, їх моделями. Ступінь збіжності об'єктів обчислюється не послідовним зіставленням окремих ознак, а зіставленням всіх можливих (або визначених) комбінацій ознак, що входять в опис об'єкта.

Розглянемо ряд варіантів конструкційного виконання обладнання S_1, S_2, \dots, S_j . Представимо цей ряд у вигляді матриці прийняття рішень:

$$M_{\text{пр}}(S) = \begin{matrix} & \begin{matrix} k_1 & k_2 & \dots & k_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_j \end{matrix} & \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{j1} & k_{j2} & \dots & k_{jn} \end{pmatrix} \end{matrix}, \quad (1)$$

де S_1, S_2, \dots, S_j — альтернативні варіанти конструкційного виконання, які порівнюються; k_1, k_2, \dots, k_n — характеристики альтернативних варіантів (продуктивність, енергоспоживання, габарити, рівень автоматизації тощо); k_{im} — значення характеристики k_m для варіанта S_i ($i = 1..j, m = 1..n$).

Для переходу до безрозмірних характеристик альтернативних варіантів $\overline{k_{im}}$ виконують нормування:

$$\overline{k_{im}} = \begin{cases} \frac{k_{im}}{k_{im}'} & \text{якщо збільшення характеристики} \\ & \text{покращує якість альтернативного варіанта} \\ 1 - \frac{k_{im}}{k_{im}'} & \text{якщо збільшення характеристики} \\ & \text{погіршує якість альтернативного варіанта} \end{cases} \quad (2)$$

де $k_{im}' = \max(k_{im})$ по стовпцю m матриці (1).

Якісні або описові характеристики можна віднести до категорій нечітких змінних, тому їх нормування виконується за іншими правилами.

За допомогою виразів (2) виконується перехід від матриці прийняття рішень $M_{\text{пр}}(S)$ до матриці рішень $M_p(S)$:

$$M_p(S) = \begin{pmatrix} \overline{k_{11}} & \overline{k_{12}} & \dots & \overline{k_{1n}} \\ \overline{k_{21}} & \overline{k_{22}} & \dots & \overline{k_{2n}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \overline{k_{j1}} & \overline{k_{j2}} & \dots & \overline{k_{jn}} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де $\overline{k_{11}}, \overline{k_{12}}, \dots, \overline{k_{jn}}$ — безрозмірні характеристики альтернативних варіантів.

Аналіз матриці $M_p(S)$ показує, що кожен її елемент $\overline{k_{im}}$ визначає ступінь наближення i -го варіанта за m -ю характеристикою до найкращого значення цієї характеристики для даного набору альтернативних варіантів.

Далі визначається ступінь вираженості характеристики g : якщо характеристика перевищує деякий заданий рівень, то вважають $g_{im} = 1$, інакше $g_{im} = 0$ ($i = 1..j, m = 1..n$).

Критичний рівень $k_m^{\text{кр}}$ вибирають так, щоб в отриманій спектральній матриці (M_c) не було рядків і стовпців, що складаються тільки з нулів:

$$M_c(S) = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{j1} & g_{j2} & g_{jn} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де $g_{im} = 1$ при $k_{im} \geq k_m^{kp}$, $g_{im} = 0$ при $k_{im} < k_m^{kp}$ ($i = 1..j, m = 1..n$).

Вплив характеристик на ефективність функціонування і якість досліджуваних конструкційних виконань обладнання визначають, виходячи з навантажень рядків (значимість об'єкта) і стовпців (значимість характеристики об'єкта) спектральної матриці $M_c(S)$. За теорією апарата тупикових тестів навантаження рядків (π) визначають з урахуванням навантаження стовпців (ω), а навантаження стовпців — з урахуванням навантаження рядків.

Для рядка:

$$\pi(\omega)_i^l = \sum_{m=1}^n G_{\omega m}^{l-1} \cdot g_{im}, \quad i = 1..j \quad (5)$$

де l — номер ітерації; G_{ω} — нормована вага стовпця.

Для стовпця:

$$\omega(\pi)_m^l = \sum_{i=1}^j G_{\pi i}^{l-1} \cdot g_{im}, \quad m = 1..n \quad (6)$$

де l — номер ітерації, G_{π} — нормована вага рядка.

Початкові ваги рядків і стовпців визначають за формулами:

$$G_{\pi i}^0 = \sum_{m=1}^n g_{im}, \quad i = 1..j; \quad (7)$$

$$G_{\omega m}^0 = \sum_{i=1}^j g_{im}, \quad m = 1..n. \quad (8)$$

Після визначення навантаження рядків і стовпців за формулами (5) і (6) розрахунок повторюють з урахуванням знайдених значень. Обчислення припиняють при отриманні заданої збіжності ітераційного процесу.

Оптимальність за Парето є одним із найпоширеніших критеріїв оптимальності як в економіці, так і в техніці. Для знаходження ефективних (Парето-оптимальних) варіантів застосовують принцип домінування. Припустимо, що варіанти, які порівнюються, оцінюються вектором критеріїв: $k = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$, $k_i \in K$, $i = 1..n$. Тоді варіант A домінує над варіантом B , якщо кожний із критеріїв k_i^A переважає або еквівалентний до відповідних до критеріїв k_i^B , причому хоча б для одного з них справедлива суворя перевага k_i^A над k_i^B . Якщо критерій k_i виражений кількісно і поліпшення варіанта відповідає його збільшенню, то знак переваги відповідає знаку «більше»: $k_i^A > k_i^B$. Якщо ж поліпшення варіанта відповідає зменшенню кількісно вираже-

ного критерію k_i , то знак переваги відповідає знаку «менше» $k_i^A < k_i^B$. Крім того, він може застосовуватися і до критеріїв, які не мають кількісного вираження (естетичні характеристики, безпека тощо).

Процедура вибору з використанням принципу Парето передбачає виділення з множини варіантів технологічного обладнання більш вузької множини — варіантів, які не гірші за інші за всіма критеріями і кращі хоча б за одним з них. Метод зручно використовувати в графічній інтерпретації на площині, почергово порівнюючи по два критерії. Він дає можливість вийти на ефективну границю, яка поєднує варіанти, які домінують над іншими і не мають домінування над собою. Варіанти, які лежать на ефективній границі, називаються Парето-оптимальними. Зменшити кількість альтернативних варіантів можна введенням обмежень на гранично допустимі значення критеріїв. Метод Парето при використанні ЕОМ може застосовуватися і для великої кількості критеріїв.

Іншим простим методом вирішення задачі багатокритеріального вибору є застосування інтегрального критерію *відстані до мети*. Суть методу полягає в обґрунтуванні ідеалу і оцінці міри наближення до нього кожного з варіантів вихідної множини альтернативних варіантів. Ідеальний варіант характеризує таку систему, для якої кожний із критеріїв досягає свого потенційно можливого найкращого значення, які можуть бути обґрунтовані теоретично або відповідати кращій реально досягнутій величині.

Для варіантів вихідної множини альтернативних варіантів визначають критерії k_i і відкладають їх на радіально розташованих шкалах (рис. 1). Шкали будують так, щоб поліпшення критерію йшло до центру (точка 0). З'єднуючи точки на шкалах для j -го варіанта, одержують багатокутник. На кращих значеннях критеріїв будують багатокутник ідеалізованого варіанта.

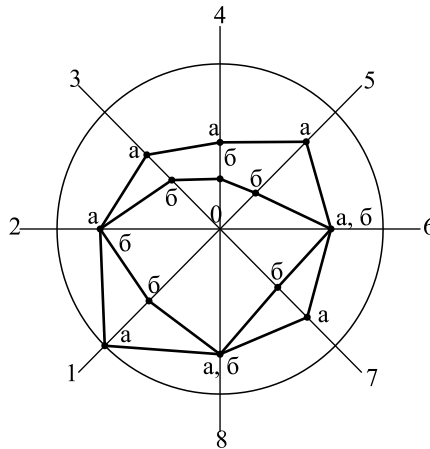


Рис. 1. Багатокритеріальна оцінка технічного рівня і якості машини за відстанню до мети

Узагальнений критерій відстані до мети μ визначається як відношення площі j -го варіанта до площі ідеалізованого:

$$\mu = \frac{\Pi_j}{\Pi_0}, \quad (9)$$

де Π_j і Π_0 — площі багатокутників j -го та ідеалізованого варіантів.

Результати і обговорення. Введемо позначення характеристик: продуктивність — k_1 , потужність — k_2 , місткість бункера — k_3 , об'єм — k_4 , маса — k_5 . Машини для формування котлетних виробів, у відповідності з табл. 1, позначимо $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8$. Тоді згідно з (1) матриця прийняття рішень має вигляд:

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
S_1	2000	0,75	20	0,189	67
S_2	3900	0,70	23	0,166	50
S_3	2100	0,37	32	0,297	75
$M_{np}(S) = S_4$	3000	0,75	15	0,29	95
S_5	3900	0,55	20	0,373	90
S_6	1680	0,55	50	0,312	90
S_7	1900	0,75	20	0,183	66
S_8	2100	0,37	32	0,600	100

Матрицю рішень $M_p(S)$ виду (3) отримаємо, нормуючи характеристики з допомогою формул (2). З перерахованих характеристик збільшення показників k_1 (продуктивність) і k_3 (місткість завантажувального бункера) покращує якість альтернативного варіанта, показників k_2 (потужність), k_4 (габарити), k_5 (маса) — погіршує.

$$M_p(S) = \begin{pmatrix} 0,51 & 0 & 0,4 & 0,69 & 0,33 \\ 1 & 0,07 & 0,46 & 0,72 & 0,5 \\ 0,54 & 0,51 & 0,64 & 0,51 & 0,25 \\ 0,77 & 0 & 0,3 & 0,52 & 0,05 \\ 1 & 0,27 & 0,4 & 0,38 & 0,1 \\ 0,43 & 0,27 & 1 & 0,48 & 0,1 \\ 0,49 & 0 & 0,4 & 0,7 & 0,34 \\ 0,54 & 0,51 & 0,64 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Виходячи із аналізу характеристик машин для формування котлетних виробів, наведених в табл. 1, приймаємо такі критичні рівні характеристик:

$$k_1^{kp} = 0,6, k_2^{kp} = 0,5, k_3^{kp} = 0,7, k_4^{kp} = 0,7 \text{ і } k_5^{kp} = 0,1.$$

Тоді згідно з (4) спектральна матриця має вигляд:

$$M_c(S) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Подальша схема розрахунку за отриманою матрицею наведена на рис. 2 (цифри в колах позначають послідовність кроків розрахунку).

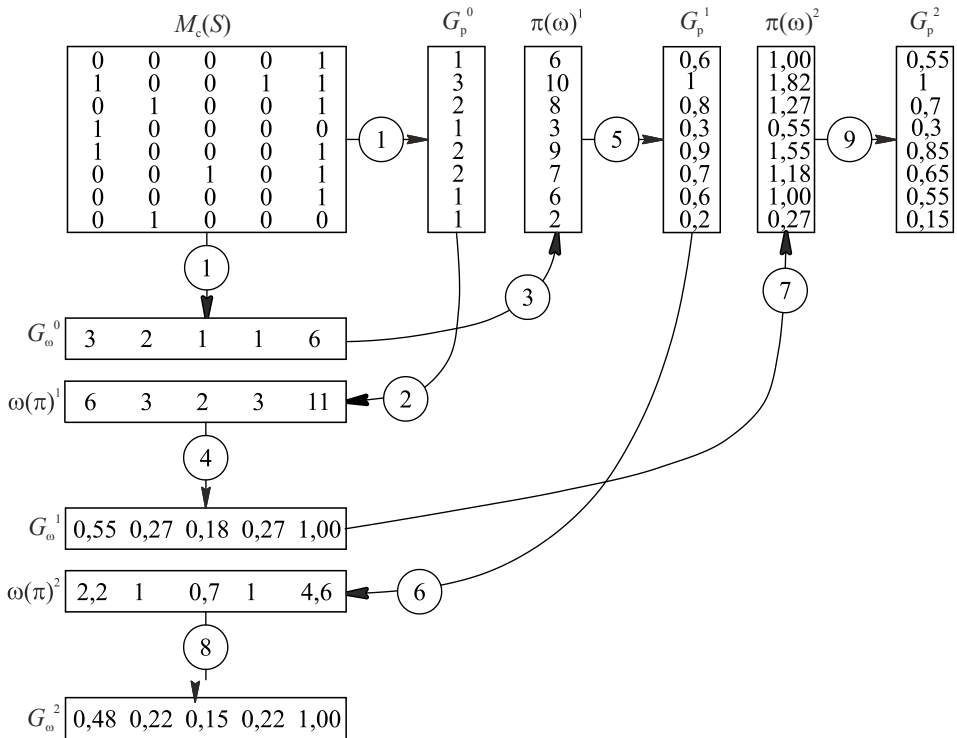


Рис. 2. Розрахункова схема вибору оптимального варіанта машини для формування котлетних виробів за спектральним підходом до визначення вагомості характеристик об'єкта

На першому кроці за формулами (7) і (8) визначаємо початкові вагу рядків G_π^0 і вагу стовпців G_ω^0 .

На другому кроці визначається навантаження стовпців $\omega(\pi)^1$ з урахуванням початкової ваги рядків G_π^0 . Наприклад, $\omega(\pi)_1^1 = 0 \cdot 1 + 1 \cdot 3 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 = 6$.

На третьому кроці — навантаження рядків $\pi(\omega)^1$ з урахуванням початкової ваги стовпців G_{ω}^0 . Наприклад, $\pi(\omega)_1^1 = 3 \cdot 0 + 2 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 6 \cdot 1 = 6$.

Четвертий крок — нормування навантаження по стовпцях (G_{ω}^1), п'ятий — нормування по рядках G_{π}^1 .

На другому етапі (кроки 6—9) і наступних етапах розрахунку повторюють кроки 2—5.

Ітераційний процес сходиться до величин граничних навантажень. У цьому випадку для навантажень по рядках маємо:

$$G_{\pi} \approx (0,6; 1; 0,8; 0,3; 0,9; 0,7; 0,6; 0,2).$$

Отриманий результат дає можливість прийняти обґрунтоване рішення при виборі машини для формування котлетних виробів з варіантів, представлених в табл. 1. Встановлено, що найкраща інтегрована оцінка 1 характерна для S_2 — машини La Minerva C/E 653 1ph італійської компанії.

Для наочного представлення розв'язання поставленої задачі *методом Парето* для ряду варіантів почергово розглядалися по два критерії. Насамперед для восьми конструкційних виконань обладнання розглядали показники, які мають найбільшу вагомість — продуктивність, шт./год і потужність, кВт (рис. 3а). Напрямок по осі абсцис (потужність) обернений, оскільки оптимізація за критерієм потужності пов'язана з її мінімізацією. Точками 1—8 зображено варіанти машин для формування котлетних виробів. У цьому випадку варіанти машин, які домінують — це La Minerva C/E 653 1ph (точка 2), PLANUS (точка 3) і GPM AK-MR 400 (точка 8), так як вище і правіше немає варіантів покращення одразу по двом характеристикам.

Оскільки на ефективній границі розміщено три варіанти обладнання, слід розглянути такі за значимістю характеристики. Залишивши найбільш значущий показник — продуктивність, беремо до уваги місткість завантажувального бункера, л, яка за умови періодичності процесу формування впливає на тривалість допоміжних операцій і гігієнічність процесу. При цьому варіанти машин, які перебувають на ефективній границі — La Minerva C/E 653 1ph (точка 2) і ИПКС — 123 (точка 6).

Щоб отримати більш об'єктивне рішення, розглянута така характеристика — габаритні розміри обладнання, які в узагальненому виді представлені об'ємом, що займає машина. Для невеликих підприємств важливо мінімізувати площу і, відповідно, об'єм, займаний обладнанням. Тому напрямком вісі абсцис (об'єм) на рис. 3в обернений.

Варіантами обладнання, які переважають інші, і в цьому випадку залишилася машина La Minerva C/E 653 1ph (точка 2) і Gaser A-2000 (точка 7). Машина La Minerva C/E 653 1ph перебуває на ефективній границі для всіх розглянутих комбінацій параметрів. Отже, саме її доцільно обрати як таку, що має найбільшу серед розглянутих продуктивність при помірній споживаній потужності і невеликих габаритних розмірах.

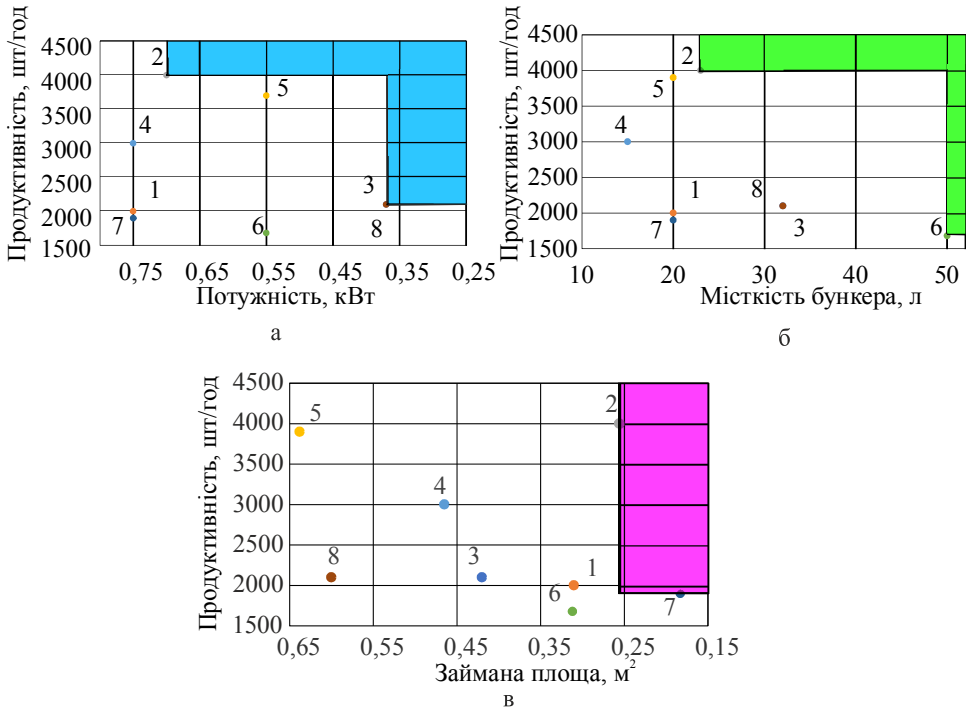


Рис. 3. Вибір найкращого варіанта машини для формування котлетних виробів на основі принципу Парето при параметрах, які розглядаються: а — продуктивність-потужність; б — продуктивність-місткість бункера, в — продуктивність-об'єм, займаний машиною

Для вирішення задачі вибору найкращого варіанта обладнання з вихідної множини восьми альтернативних варіантів машин для формування котлетних виробів *методом відстані до мети* визначені критерії k_i відкладені на радіально розташованих шкалах (рис. 4) та обчислені площі утворених фігур (табл. 2).

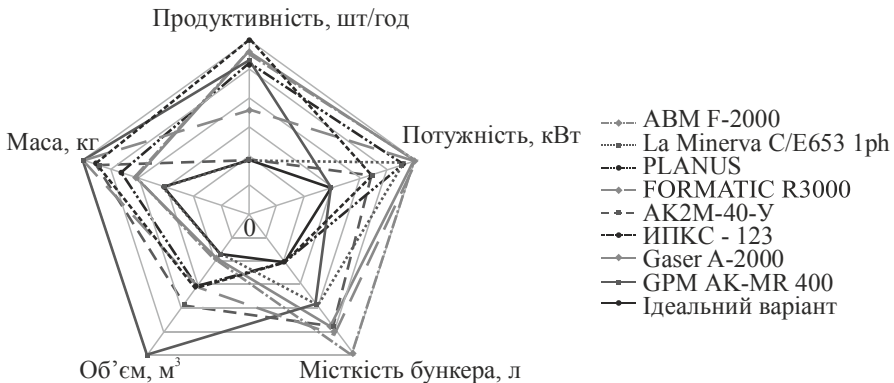


Рис. 4. Багатокритеріальна оцінка технічного рівня і якості машин методом відстані до мети

Таблиця 2. Узагальнений критерій відстані до мети

№ варіанта	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
μ	2,86	1,51	2,61	3,63	3,20	2,94	2,86	4,98

Найменший узагальнений критерій відстані до мети ($\mu = 1,51$) має варіант S_2 — машина La Minerva C/E 653 1ph. Саме вона може вважатися найкращим варіантом серед розглянутих альтернатив.

Висновки

Для оцінювання технічного рівня обладнання доцільно використовувати методи багатокритеріального вибору. Вибір методу розв'язання обумовлюється уподобаннями і вміннями виконавців, які здійснюють оцінювання. На нашу думку, найдоцільнішим є застосування методу спектрального аналізу як такого, що дає можливість комплексно врахувати всі критерії, які характеризують технічний рівень обладнання та ефективність його роботи. Метод не потребує наявності спеціальних навичок роботи з графічною інформацією і є найбільш формалізованим.

Результати, отримані трьома розглянутими методами багатокритеріального вибору (спектрального аналізу, Парето і відстані до мети), однакові: проаналізувавши п'ять показників (продуктивність, потужність, місткість бункера, маса, габаритні розміри) восьми зразків обладнання для формування котлетних виробів різних виробників встановлено, що за обраними параметрами перевагу слід надати машині La Minerva C/E 653 1ph.

Правильність рішення насамперед залежить від коректного вибору показників, що порівнюються. До їх складу в подальшому обов'язково слід включати показники надійності і безвідмовності роботи, а також якісні показники готової продукції.

Література

1. Орлов В.В., Петрунина Е.Б. Выбор технологического оборудования по относительным показателям технической оценки на основе спектрального метода. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 2013. №4. [электронный ресурс]. URL: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>
2. Skotnicka-Zasadzień B., Biały W. An analysis of possibilities to use a Pareto chart for evaluating mining machines' failure frequency. *Maintenance and Reliability*. 2011. No. 3. P. 51—55.
3. Hennen M., Voll P., Bardow A. An adaptive normal constraint method for bi-objective optimal synthesis of energy systems. *Computer Aided Chemical Engineering*. 2014. No. 33. P. 1279—1284.
4. Тарадаха П.В., Надобко О.В., Киселичник М.Д., Недоступ Л.А. (2013). Розробка методу оптимізації процесів виготовлення радіоелектронної апаратури з використанням оптимізаційних Парето-областей. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Радіоелектроніка та телекомунікації*. 2013. No. 766. С. 187—193.
5. Кривопляс-Володіна Л.О., Гавва О.М., Деренівська А.В. Оптимізація синтезу пакувальних машин за критерієм ефективності. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. № 24(5). С. 115—123.
6. Пальчевський Б.О., Шаповал О.М., Великий О.А. Оптимізаційний синтез функціонально-модульної структури пакувального устаткування: монографія. Луцьк: Редакційно-видавничий відділ Луцького національного технічного університету, 2013. 165 с.
7. Belton V., T. Stewart. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Kluwer Academic Publishers, Boston.

CLOSED ENERGY CONTOURS IN FOOD TECHNOLOGIES

A. Sokolenko, O. Shevchenko, S. But, O. Stepanets

National University of Food Technologies

Key words:

Closed contours
Energy
Transformation
Drying
Recovery
Regeneration
Energy potential
Mass transfer
Energy exchange

Article history:

Received 11.01.2019
Received in revised form
25.01.2019
Accepted 12.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article relates to the physical background and the assessment of the prospects for using secondary energy potentials in food production technologies. Possible examples of possible uses of secondary energy resources include possible directions, which include impacts of concentrated energy potentials on the technological media, increasing the potential of the medium by external interference by introducing gas or steam streams, intensifying mass and energy exchange processes in gas-containing media, using recuperative and regenerative properties.

The example of the brewing industry shows the possibilities of using the resources of the exhaust gas streams under the conditions of the aeration process of the germinated grains, the combination of the technological interests of ensuring the drying of green malt with the participation of heat pumps, to avoid thermodynamic deficiencies in manifestations of uneven temperature fields. The possibility of energy influences on the results of beer congestion preparation to the processes of their filtration is shown.

Drying, as the iso-enthalpy process, is presented with suggestions for the regeneration of the properties of the drying agent.

The information of the location of the malt dryer, the combined heat pump installation, the vacuum dryer of continuous action is given.

The expediency of logistic construction of energy saving in technologies with discrete operating modes based on transformations in recirculation modes of energy-material flows is shown. The highest levels of transformation of energy flows are related to phase transitions and iso-enthalpy processes.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-13

ЗАМКНУТІ ЕНЕРГЕТИЧНІ КОНТУРИ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

О.Ю. Шевченко, А.І. Соколенко, С.А. Бут, О.І. Степанець

Національний університет харчових технологій

Стаття стосується фізичного підґрунтя й оцінки перспектив використання вторинних енергетичних потенціалів у технологіях харчових вироб-

нищів. У прикладах можливих перспектив використання вторинних енергетичних ресурсів задіяні можливі напрямки, до яких відносяться впливи на технологічні середовища концентрованих енергетичних потенціалів, підвищення потенціалів середовищ зовнішніми втручаннями введенням газових або парових потоків, інтенсифікацією масо- і енергообмінних процесів у газорідинних середовищах, використанням рекуперативних і регенераційних властивостей.

На прикладі пивоварної галузі показані можливості використання ресурсів відпрацьованих газових потоків в умовах виконання процесів аерації пророщуваних масивів зерна, поєднання технологічних інтересів забезпечення сушіння зеленого солоду за участю теплових насосів, для уникнення термодинамічних недоліків у проявах нерівномірності температурних полів. Показана можливість енергетичних впливів на результати підготовки пивних заторів до процесів їх фільтрації.

Сушіння, як ізентальпійний процес, представлено пропозиціями щодо регенерації властивостей сушильного агента. Наведена інформація про влаштування сушарки солоду, комбіновану тепловакуумну установку, вакуумну сушарку безперервної дії.

Показано доцільність логістичної побудови енергозбереження в технологіях з дискретними режимами роботи на основі трансформацій в рециркуляційних режимах енергоматеріальних потоків. Найбільші рівні трансформацій енергетичних потоків пов'язані з фазовими переходами та ізентальпійними процесами.

Ключові слова: замкнуті контури, енергія, трансформація, сушіння, рекуперация, регенерація, енергетичний потенціал, масообмін, енергообмін.

Постановка проблеми. Постановою Кабінету Міністрів України від 06.08.2014 № 385 в рамках програми розвитку інноваційної економіки та інвестицій основними принципами реалізації державної політики визнано підвищення енергоефективності підприємств, збільшення частки енергії, отриманої з відновлюваних джерел та альтернативних видів палива, раціональне використання природно-ресурсного потенціалу та покращення екологічного стану регіонів.

Відповідно до цієї постанови звернення до вторинних енергетичних потенціалів технологій харчових і переробних підприємств має принципове значення і актуальність. Це важливо ще й тому, що звернення безпосередньо до вторинних енергетичних ресурсів часто супроводжується позитивними впливами на оброблювані матеріальні потоки з підвищенням технологічних і якісних показників.

До переліку можливих технологій і засобів впливів відносяться використання концентрованих енергетичних потоків, елементи дискретно-імпульсних технологій, засоби з підвищенням потенціалів парових, газових і парогазових потоків, способи створення детермінованих циркуляційних контурів у газорідинних середовищах, комбінації сумісних впливів зовнішніми і внутрішніми потенціалами енергоджерел тощо [1—8].

Метою дослідження є аналіз сучасного стану й оцінка перспектив удосконалення та створення замкнутих енергетичних контурів.

Методи дослідження ґрунтуються на основі аналізу методик оцінювання вторинних енергетичних потенціалів і феноменологічних узагальнень, запропонованих до використання.

Результати дослідження. До поняття замкнутих енергетичних контурів віднесено системи, в яких енергетичний матеріальний носій здійснює циклічні взаємодії теплообміну з іншими матеріальними потоками або хоча б віддає свої енергетичні потенціали для повторного використання. В подальшому цю умову віднесемо на енергію теплову, хімічну, механічну тощо.

Перебіги природних колообігів і циклів переважно представлені такими замкнутими контурами, до яких ми настільки звикли, що майже залишаємо без уваги. Разом з тим навіть життя кожної людини на рівні енерго- і масообмінних процесів супроводжується саме такими контурами з перетворенням хімічних потенціалів матеріального живлення в енергію робочих органів, дихання, температурної стабілізації, розумової діяльності тощо.

Усе більш широке використання принципів циклічного і повторного використання енергоресурсів у технічних системах визначається раціональним напрямком їх розвитку. Для харчових технологій синтезу продуктів харчування і напоїв це особливо важливо при застосуванні теплових потенціалів.

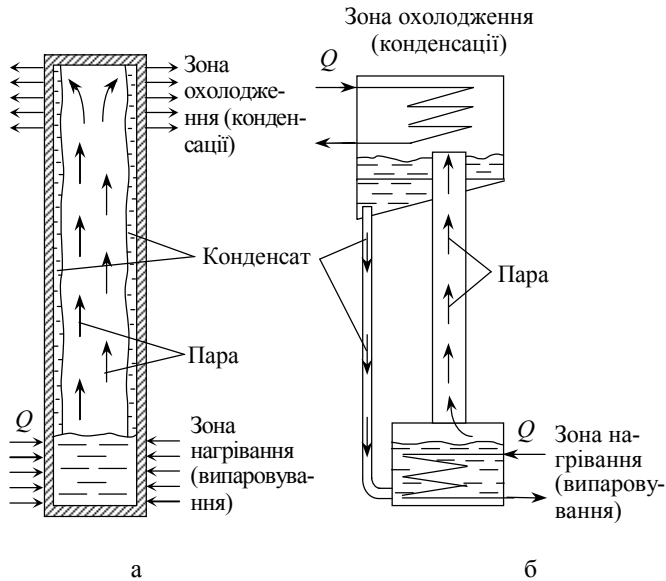


Рис. 1. Схема теплової труби (а) і апарата з тепловою трубою (б)

Свого часу ще на етапі відкриття надпровідності, за якою електричний струм може циркулювати в металевому кільці нескінченно без опору, підштовхнуло вчених до думки про існування надтеплопровідності. Проте подальші дослідження показали, що теплопровідність стає тим гіршою, чим ближче метал до стану надпровідності. Однак суто технічні пошуки на основі відомих явищ

кипіння і конденсації рідин з високими коефіцієнтами тепловіддачі привели до створення теплових труб (рис. 1) [1].

З одного квадратного метра поверхні нагрівання за перепаду температур всього в 1°C досягається теплопередавання 180 МДж енергії. Саме в тепловій трубі реалізується замкнутий енергетичний контур з висхідного потоку пари з потужним потоком теплової енергії й опускного потоку сконденсованої рідини.

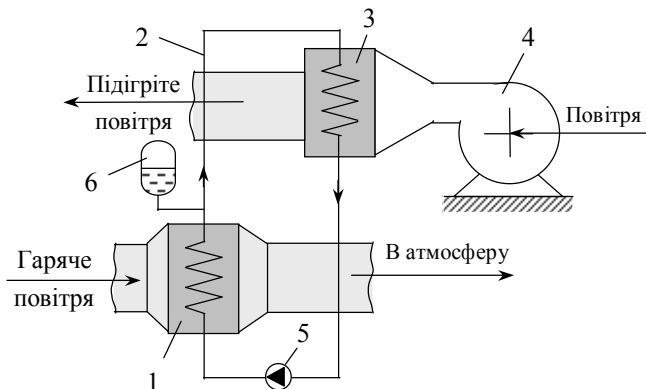


Рис. 2. Схема пристрою для рекуперативного повернення теплової енергії в системах теплообміну між двома газовими потоками (патент 14523 UA): 1, 3 — калорифери; 2 — циркуляційна система проміжного теплоносія; 4 — вентилятор; 5 — насос; 6 — компенсатор гідравлічних ударів і теплового розширення проміжного теплоносія

Особливо ефективним є використання теплових трубок у системах утилізації теплоти у випадках вихідних газових потоків. Звичайно, відпрацьований у сушарках газ замінюється вхідним потоком газу (повітря) із заданими параметрами температури і відносної вологості. Оскільки процеси сушіння наближені до ізоентальпійних, то енергетичний потенціал відпрацьованого потоку достатньо значний і використати його хоча б частково можливо за рахунок конденсації водяної пари і за рахунок зниження температури вихідного потоку. Реалізація такого теплообміну досягається в умовах переходу через точку роси. Оскільки організація значних зустрічних газових потоків технічно ускладнена, то до компоновки входять два повітряних підігрівача, об'єднані системою теплової труби [2] (рис. 2), виконаної у формі замкнутого контура.

Влаштування промислової холодильної установки, побутового холодильника, теплового насоса і кондиціонера також передбачає використання замкнутих енергоматеріальних контурів, які доповнюються випарниками і конденсаторами. Саме потік парової фази є носієм потужного енергетичного потенціалу, який визначається прихованою теплотою пароутворення. До цього надзвичайно корисного явища до системи замкнутого контура енергоносія додається ще одна позитивна властивість, що стосується можливості технічно доступної термодинамічної трансформації газового, парового або парогазового потоку зміною тиску. Таке втручання в систему замкнутого контура з використанням механічного або термокомпресора приводить до можливості суттєвого роз-

риву між температурами кипіння (випаровування) і конденсації. Саме ця особливість лежить в основі холодильних систем, теплових насосів та інших спеціальних технічних систем. Важливою умовою існування останніх є наявність фазових переходів у системах реалізації технологічних трансформацій середовищ. Вплив на парогазову фазу у формі стискання-розрідження дозволяє використовувати її енергетичний потенціал у рециклах.

Оцінюючи перспективи використання вторинних енергетичних ресурсів на основі замкнутих енергетичних контурів звернемося до прикладів, які стосуються пивоварної галузі. Пивоварні заводи зорієнтовані на використання технологій, у більшості своїй побудовані на циклічних процесах. Ця обставина ускладнює створення рекуперативних систем загального призначення, однак у локальних зонах пошук «сам на себе» залишається можливим. Так, відносно складністю процесів пророщування ячменю є, по-перше, термодинамічне забезпечення за змінних зовнішніх параметрів впливу (день і ніч, літо і зима) і, по-друге, потрійне завдання процесу аерації та забезпечення киснем зволоженого зерна з відведенням синтезованого CO₂ і теплової енергії. Необхідна температурна стабілізація зерна лежить в межах від 12°C першої доби і 17...18°C — на завершення сьомої доби. При цьому відведення біологічної теплоти не повинно зменшувати вологість зернівок від 48%.

Однак попередньо насичене до 100% відносної вологості повітря, що продувається через масив зерна, в процесі тепловідведення за нагрівання на 2°C втрачає відносну вологість до рівня 90% і приводить до зменшення вологості зерна, що має граничні обмеження.

В умовах названих складностей принцип «сам на себе» вказує на доцільність використання рекуперативного повернення відпрацьованого повітряного потоку.

Параметри зовнішнього повітря мало коли відповідають заданим температурним режимам, тому в зимовий період воно нагрівається, а влітку — охолоджується. Догрівання доцільно здійснювати гострою парою, оскільки повітря одночасно зволожується.

Для прикладу виконаємо оцінку теплових витрат на підготовку повітря в зимовий час за від'ємної температури $t_{\text{п}} = -20^\circ\text{C}$, об'ємом $V_{\text{пов}} = 100 \text{ м}^3$ та кінцевої температури $t_{\text{к}} = 16^\circ\text{C}$. Тоді енергетична вартість процесу складе:

$$Q = V_{\text{пов}} c_{\text{п}} (t_{\text{к}} - t_{\text{п}}) = 1000 \cdot 1,3 (16 - (-20)) = 46760,4 \text{ кДж},$$

де $c_{\text{п}}$ — об'ємна теплоємність повітря, кДж/(м³·К).

Позначивши коефіцієнт рециркуляції, як співвідношення часток об'ємів свіжого і рециркуляційного повітря $\varepsilon = V_{\text{с.п.}}/V_{\text{р.п.}}$, маємо при $\varepsilon = 1:2$:

$$V_{\text{с.п.}} = 340 \text{ м}^3; V_{\text{р.п.}} = 680 \text{ м}^3.$$

За температури рециркуляційного повітря $t_{\text{р}} = 19^\circ\text{C}$ енергетичні витрати складуть:

$$Q_{\text{к}} = 340 \cdot 1,3 (16 - (-20)) = 15900 \text{ кДж};$$

$$Q_p = 680 \cdot 1,3(16 - 19) = -2652 \text{ кДж},$$

де Q_k — енергетичні витрати на догрівання свіжого повітря; Q_p — теплота рециркуляційної частини повітря; і загальні:

$$Q_{\text{заг}} = Q_k + Q_p = 5900 - 2652 = 13248 \text{ кДж}.$$

Тож рекуперативне повернення частини відпрацьованого потоку повітря зменшує енергетичні витрати у

$$\frac{46760,4}{13248} = 3,5 \text{ рази}.$$

Для оцінки співвідношень параметрів можливо скористатися залежністю:

$$\varepsilon = \frac{t_p t_p - t_k t_p}{t_k t_p - t_p t_p}.$$

З урахуванням потоку повітря $V = 1000 \text{ м}^3$ на кожен тону пророщуваного зерна за одну годину й одночасному пророщуванні кількох тонн зернової маси використання замкнутого енергоматеріального контура рекуперативного повітря має раціональні ознаки.

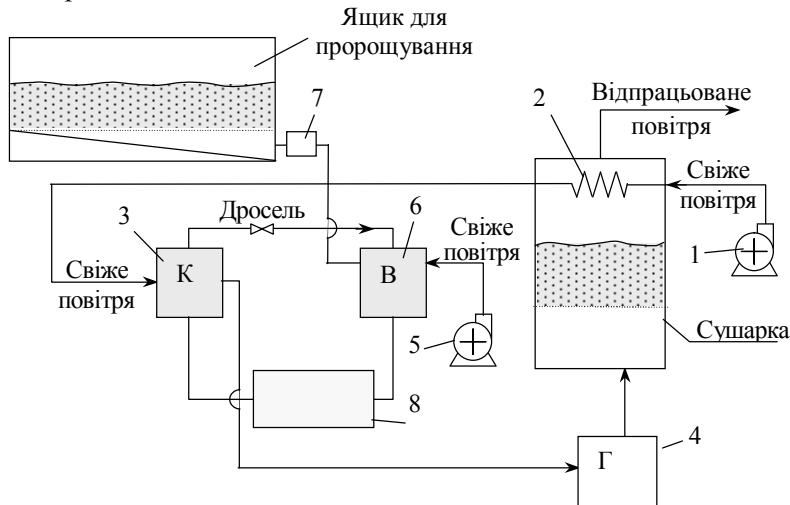


Рис. 3. Схема до комплексного використання теплового насоса у виробництві солоду: 1, 5 — вентилятори; 2 — теплообмінний апарат; 3 — конденсатор; 4 — теплогенератор; 6 — випарник; 7 — розпилювач води; 8 — компресор

Процеси пророщування зернової маси будуються як неперервні, хоча цикл обробки наближений до 7...8 діб. За випадку неперервної роботи сушарки солоду для весняно-літнього сезону можливим є їх поєднання з тепловим насосом, схема якого наведена на рис. 3 [3]. В цьому випадку поєднано контур підготовки свіжого повітря для сушарки і для аерації пророщуваного зерна та контур теплового насоса.

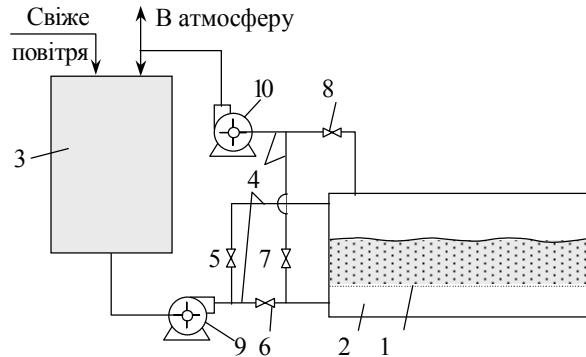


Рис. 4. Схема до комплексного використання теплового насоса у виробництві солоду (патент України 29881)

Аерацією пророщуваного солоду, як відмічалось, вирішується три технологічні завдання. Недоліком такої системи є термодинамічна несумісність, наслідком якої є нерівномірність температур по висоті зернової маси і підсушування останньої. Перегляд можливостей використання внутрішнього потенціалу системи привів до рішення на рівні патенту України 29881 (МПК (2006) C12C 1/00) [4]. Ліквідація недоліків досягається за рахунок того, що пристрій для пророщування зерна ящикового, барабанного або у вигляді пересувної грядки відрізняється тим, що система подачі повітря виконана з можливістю реверсу газового потоку (рис. 4)

Пристрій складається з несправжнього ситового днища 1, підситового простору-повітропроводу 2, камери кондиціонування повітря 3, системи газоходів 4, шиберів 5, 6, 7, 8 та вентиляторів 9, 10.

Пристрій працює таким чином: у режимі прямої циркуляції кондиціоноване повітря із камери кондиціонування 3 вентилятором 9 подається в підситовий простір-повітропровід 2 і, проходячи через несправжнє ситове днище 1 та шар розміщеного на ньому зерна, викидається в атмосферу, а певна його частина повертається в камеру кондиціонування. При цьому повітряний потік проходить через систему газоходів 4 при відкритих шиберах 6 і 8 та закритих шиберах 5 і 7. У режимі реверсу газового потоку відбувається закривання шиберів 6 і 8 та відкривання шиберів 5 і 7. При цьому повітряний потік із камери кондиціонування 3 по системі газоходів 4 проходить через шар зерна, несправжнє ситове днище 1, підситовий простір-повітропровід 2, в якому створюється розрідження вентилятором 10 і викидається в атмосферу, а певна його частина знову повертається в камеру кондиціонування.

Можливості впливу на матеріальні середовища за рахунок їх внутрішніх потенціалів з утворенням вторинної пари приводять до внутрішніх перетворень на клітинних рівнях, які в наступних операціях знаходять прояв в інтенсифікації екстракції, вилученні рідинних фракцій, підвищенні виходу тощо. Прикладом такого випадку є варильний агрегат для пива з патенту України 97895 [5], в якому забезпечується підвищений вихід екстрактивних речовин у процесів фільтрації пивних заторів (рис. 5).

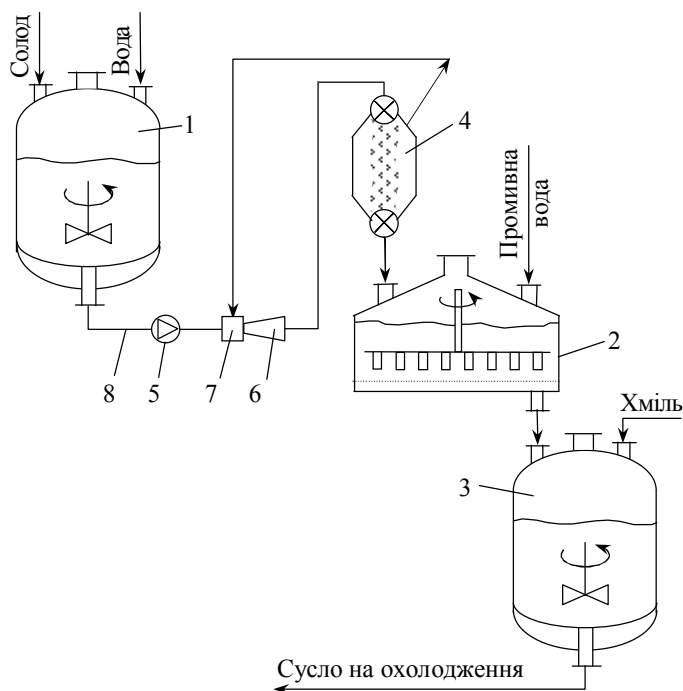


Рис. 5. Варильний агрегат для пива (патент України 97895)

Варильний агрегат складається із заторного 1, фільтраційного 2 та суловарильного 3 апаратів, вакуумної камери 4, насоса 5, ежекційного пристрою 6 з зоною розрідження 7 та системи трубопроводів 8.

Працює агрегат так: подрібнений солод і вода надходять у заторний апарат 1, в якому за температур 50...80°C здійснюється процес оцукрювання крохмалю й утворюється заторна маса. При подаванні заторної маси насосом 5 по системі трубопроводів 8 в зоні розрідження 7 ежектора 6 утворюється розрідження, завдяки якому камера 4 вакуумується, внаслідок чого потік зернової маси в ній переходить до режиму адіабатного кипіння з руйнуванням міжклітинних і клітинних структур заторної маси. Відсмоктувана з вакуумної камери вторинна пара стискається в ежекторі і повертає свій тепловий потенціал потоку. У фільтраційному апараті 2 здійснюється фільтрація мутного сула, а прозоре суло стікає в суловарильний апарат 3, в якому воно кип'ятиться з хмелем для досягнення необхідних технологічних показників.

З наведеного аналізу технічних рішень впливає їхня спільна риса, пов'язана з термодинамічними трансформаціями газо- або парогазових середовищ або навіть з їх фазовими переходами. В останньому випадку важливою перевагою є досягнення високих значень коефіцієнтів тепловіддачі і теплопередачі та потужностей теплових потоків з використанням внутрішніх для систем енергетичних ресурсів.

З цієї точки зору на особливу увагу заслуговують процеси сушіння, які є ізоентальпійними. Теплова енергія сушильних агентів витрачається на випа-

ровування вологи та її перенесення в парогазову фазу за сталого енергетичного потенціалу системи.

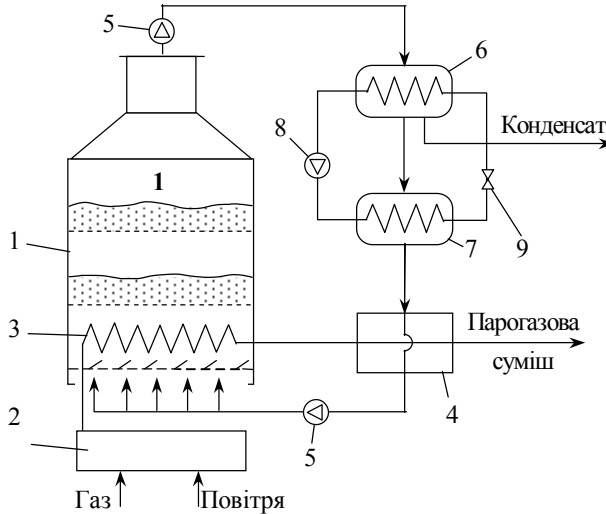


Рис. 6. Пристрій для сушіння солоду (патент України 61437)

У традиційних технологіях сушіння енергетичний потенціал парової фази втрачається в доквілля разом із сушильним агентом. Однак пропозиція з патенту України 61437 (рис. 6) [6] стосується можливості відновлювати фізичні властивості сушильного агента з рекуперацією його енергетичного теплового потенціалу на рівні, наближеному до 100%.

Пристрій для сушіння солоду працює таким чином: завантажений на яруси сушарки 1 зелений солод продувається сушильним агентом (повітрям), який генерується у теплогенераторі 2 на фазі запуску. Проходження сушильного агента через зернову масу супроводжується ізоентальпійним процесом тепломасообміну, сушильний агент поповнюється паровою фазою, а вологість зернової маси зменшується. Відпрацьований парогазовий потік вентилятором 5 передається у випарник 6 теплового насоса, охолоджується до температури, за якої здійснюється конденсація водяної пари, віддаючи енергетичний потенціал холодильному агенту. Стиснутий компресором 8 холодильний агент з підвищеною температурою подається в конденсатор 7, в якому енергетичний тепловий потенціал повертається осушеному сушильному агенту. Процес осушування останнього досягається у випарнику за рахунок охолодження нижче точки роси і відведення конденсату. Додаткове нагрівання сушильного агента здійснюється у теплообміннику 4 і він повертається в сушарку.

В усталеному режимі роботи пристрою для сушіння солоду теплогенератор забезпечує компенсацію теплових втрат у навколишнє середовище. Робота компресора 8 поновлює енергетичний потенціал сушильного агента.

Додаткові енергетичні витрати в такій системі пов'язані з роботою теплового насоса, використання якого дає змогу замкнути контур сушильного агента.

Інші можливості створення замкнутих енергоматеріальних контурів стосуються вакуумних сушарок періодичної дії і сушарок неперервної дії. В обох випадках пропонується використання внутрішнього енергоресурсу вторинної пари, яка має підлягати термодинамічним перетворенням в термо- або механічних компресорах.

Комбінована тепловакуумна установка для сушіння представлена схемою з патенту України 106180 (рис. 7) [7]. Установка складається із сушильної камери 1 з поверхнями нагрівання 2, трубопроводів первинної пари 3, вторинної пари 4, ежектора 5, колектора подачі і розподілу суміші первинної та вторинної пари 6 і колектора відведення конденсату 7.

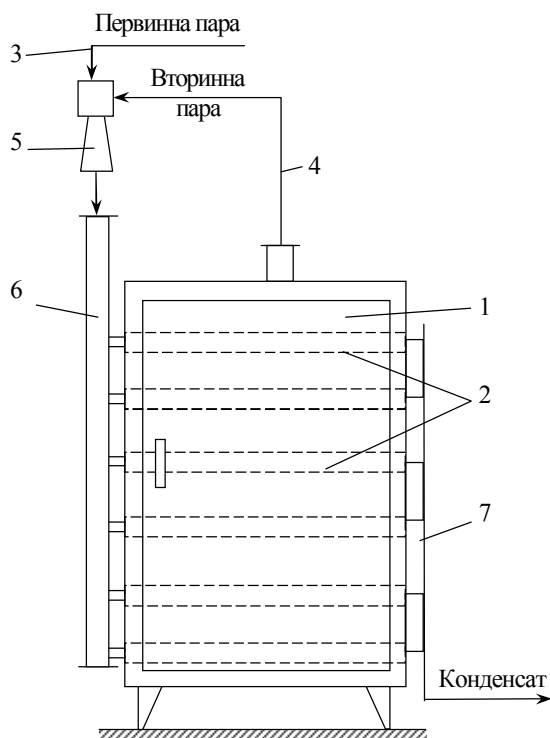


Рис. 7. Комбінована тепловакуумна установка для сушіння (патент 106108 України)

Працює установка так: на поверхні нагрівання 2 завантажується висушувана сировина або продукція через дверний отвір, камера 1 герметизується і починається подача первинної пари трубопроводом 3 в ежектор 5. У результаті цього камера вакуумується. За рахунок подачі первинної пари в поверхні нагрівання підвищується температура продукту, яка відповідає тиску в камері. Утворювана при цьому вторинна пара відсмоктується ежектором через трубопровід 4 для підтримання заданого тиску, що приводить до інтенсивного видалення вологи з продукту. Утворювана в ежекторі тепер уже суміш первинної і вторинної пари колектором 6 подається в поверхні нагрівання. Сконденсована суміш виводиться колектором 7.

Повернення вторинної пари до ежектора означає відсутність втрат теплової енергії, пов'язаної з фазовим переходом. Оскільки теплота випаровування і конденсації за вказаних умов однакові, то це означає, що підтримання процесу сушіння здійснюється зі зниженням витрат первинної пари, яка в таких умовах практично потрібна для підтримання заданого розрідження у сушильній камері.

Саме це означає можливість досягнення ефекту зниження енергетичних витрат на процес, здійснення конденсації суміші первинної і вторинної пари, ліквідує необхідність використання води на процес конденсації.

Інтенсивне випаровування вторинної пари знижує температуру продукту і забезпечує необхідний температурний перепад на поверхні нагрівання.

Схема вакуумної сушарки безперервної дії наведена на рис. 8 (патент України 112880) [8]. Вона складається з вакуумної камери 1, стрічкового конвеєра 2 із завантажувальним шлюзовим затвором 3 і розвантажувальним шлюзовим затвором 4, завантажувального та розвантажувального бункерів 5 та 6, джерел інфрачервоного випромінювання 7, енергопроникного екрана 8, кондуктивної поверхні нагрівання 9, вакуум-насоса 10 і трубопроводу вторинної пари 11.

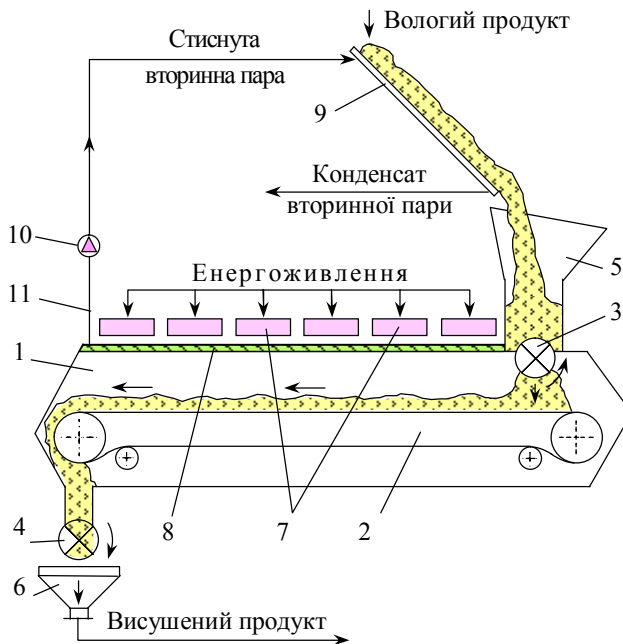


Рис. 8. Вакуумна сушарка безперервної дії (патент 112880 України)

Пристрій працює таким чином: вологий продукт подається на поверхню 9 кондуктивного нагрівання, з якої під дією гравітаційних сил потрапляє у завантажувальний бункер 5. Шлюзовим затвором 3 продукт потрапляє на стрічку конвеєра 2 вакуумної камери 1. У процесі переміщення стрічки продукт опромінюється через енергопроникний екран 8 інфрачервоним промінням від джерел 7.

При вакуумуванні внутрішнього об'єму вакуумної камери вакуум-насосом 10 здійснюється відбирання вторинної пари (пари, що виділяється з продукту) трубопроводом 11. Стиснута вакуум-насосом пара потрапляє у поверхню кон-

дуктивного нагрівання, а висушений продукт під дією сил тяжіння передається зі стрічки конвеєра на шлюзовий затвор 4, з якого передається у розвантажувальний бункер 6, і відводиться на фасування або зберігання. Виконання режиму теплової обробки при вакуумуванні приводить до випарювання вологої фракції за знижених температур. Саме це зберігає вітамінні комплекси та біологічно активні компоненти без пошкоджень.

Висновки

Виконаний аналіз стану інноваційних розробок щодо використання вторинних енергоматеріальних ресурсів на підприємствах харчової промисловості дає змогу зробити такі висновки:

1. Логістичну побудову енергозбереження в технологіях з дискретними режимами роботи доцільно організовувати в рециркуляційних режимах матеріальних потоків енергоносіїв.

2. Показано можливість і доцільність створення замкнутих контурів енергокористування на основі трансформацій вторинних енергетичних ресурсів для більшості харчових технологій.

3. Найбільші рівні трансформацій енергетичних потоків пов'язані з фазовими переходами та ізентальпійним процесами. Останнє означає доцільність створення замкнутих енергетичних контурів.

У результаті проведеного дослідження запропоновано схеми апаратурного забезпечення для стабілізації термодинамічних параметрів у процесах пророщування і сушіння солоду та фільтрації заторів.

Література

1. Справочник специалиста пищевых производств. Книга 2. Теплофизические процессы. Энергосбережение / Соколенко А.И. и др. Київ: АртЕк, 2003. 423 с.

2. Пристрій для рекуперативного повернення теплової енергії в системах теплообміну між двома газовими потоками: пат. на корисну модель 14523 Україна: МПК F25B 1/10 (2006.01) / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Резнік В.Г., Піддубний В.А.; власник НУХТ. № u200511369; заявл. 30.11.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5.

3. Система рекуперації енергетичних потоків у виробництві солоду: пат. на корисну модель 15647 Україна: МПК C12C 7/00, F25B 1/00 / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Бут С.А., Піддубний В.А., Резнік В.Г.; власник НУХТ. № u200512657; заявл. 27.12.2005; опубл. 17.07.2006, Бюл. № 7.

4. Пристрій для пророщування зерна ячикового типу, барабанний або у вигляді «пересувної грядки»: пат. на корисну модель 29881 Україна: МПК (2006): C12C 1/00 / Соколенко А.І., Лисюк О.О., Піддубний В.А., Підлісний В.В., Шевченко О.Ю., Варфоломєєв А.Й.; власник НУХТ. № u200712109; заявл. 01.11.2007; опубл. 25.01.2008, Бюл. № 2.

5. Варильний агрегат для пива: пат. на винахід 97895 Україна: МПК C12C 7/00, F04F 5/20 (2006.01) / Соколенко А.І., Козодой Ю.А., Піддубний В.А.; власник НУХТ. № a201013165; заявл. 05.11.2010; опубл. 26.03.2012, Бюл. № 6.

6. Пристрій для сушіння солоду: пат. на корисну модель 61437 Україна: МПК C12C 1/00 / Піддубний В.А., Соколенко А.І.; власник НУХТ. № u201013374; заявл. 10.11.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14.

7. Комбінована тепловакуумна установка для сушіння: пат. на винахід 106180 Україна: (2014.01) F26B 9/00 / Гонта І.А., Гіджельський В.М., Соколенко А.І.; власник НУХТ. № u201013374; заявл. 28.10.2013; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14.

Вакуумна сушарка безперервної дії: пат. на винахід 112880 Україна: МПК F26B 17/16 (2006.01), F26B 17/06 (2006.01) / Бут С.А., Соколенко А.І., Васильківський К.В.; власник НУХТ. № a201404881; заявл. 07.05.2014; опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21.

INTELLIGENT ELECTRICITY MANAGEMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISE

S. Baluta, V. Jovbak, L. Kopilova, O. Sokolova

National University of Food Technologies

Key words:

*Electric power
Control
Power consumption
Consumers-regulators
Algorithm
Neuro-fuzzy systems*

Article history:

Received 16.01.2019
Received in revised form
04.02.2019
Accepted 15.02.2019

Corresponding author:

S. Baluta

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The paper presents a systematic analysis of the process of controlling the consumption of industrial enterprises taking into account the influence of the power supply system. As a result of the analysis, the main stages of the management process are defined: the basic control functions, the conditions for the management functions; basic information flows that provide management of power consumption. To implement the management functions within the intellectual system, the following functional blocks are provided: definition and verification of the accuracy of the measurement information; forecasting of electricity consumption; standardization and planning of expenses for the consumption of electric energy by the enterprise and separate units on the basis of predicted values of electricity consumption; comparison of actual and planned expenses of electric energy; formation of managerial decisions on management of power consumption. Neuro-network technologies are used to predict the electricity consumption by production units and to standardize electricity consumption. An imprecise mathematical model based on the Takagi Sugeno algorithm, the parameters of which are configured with the help of an adaptive neural network, is chosen as a model for forecasting the consumption of electric load. For forecasting, the following input data is used: production plans for production facilities, the value of specific energy consumption on them, average daily temperature of the external environment. Output data are: electricity consumption and specific norms of energy consumption of valuation facilities. It has been established that in order to ensure that the technological process and the process of electricity consumption are taken into account in order to control the consumption of industrial enterprises, it is necessary to use the subsystem of support and decision-making. The requirements for organizational and technical support for management of the consumption of industrial enterprises have been formulated.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

С.М. Балюта, В.Д. Йовбак, Л.О. Копилова, О.М. Соколова
Національний університет харчових технологій

У статті представлено системний аналіз процесу керування електроспоживанням промислового підприємства з урахуванням впливу системи електропостачання. В результаті аналізу визначено основні етапи процесу керування: базові функції керування, умови забезпечення функцій керування; базові інформаційні потоки, які забезпечують керування електроспоживанням. Для реалізації функцій керування в складі інтелектуальної системи передбачені такі функціональні блоки: визначення та перевірки на достовірність вимірювальної інформації; прогнозування електроспоживання; нормування та планування витрат споживання електричної енергії підприємством і окремими підрозділами на основі прогнозних значень електроспоживання; порівняння фактичних і планових витрат електричної енергії; формування управлінських рішень щодо керування електроспоживанням. Для прогнозування електроспоживання виробничими підрозділами і нормування електроспоживання використовується нейромережеві технології. Як модель прогнозування споживання електричного навантаження обрано нечітку математичну модель на основі алгоритму Такагі Сугено, параметри якої налаштовуються за допомогою адаптивної нейронечіткої мережі. Для прогнозування використовуються такі вхідні дані: плани виробництва по об'єктах виробництва, значення питомого енергоспоживання, середньодобова температура зовнішнього середовища. Вихідні дані: електроспоживання і питомі норми енергоспоживання об'єктів нормування. Встановлено, що для забезпечення врахування взаємного зв'язку технологічного процесу і процесу електроспоживання для керування електроспоживанням промислових підприємств необхідно використовувати підсистему підтримки та прийняття рішень. Сформульовано вимоги до організаційно-технічного забезпечення управління електроспоживанням промислових підприємств.

Ключові слова: електроенергія, керування, електроспоживання, споживачі-регулятори, алгоритм, нейро-нечіткі системи.

Постановка проблеми. Проблема управління споживанням електричної енергії є актуальною для промисловості, оскільки її вирішення забезпечує зменшення втрат електроенергії при її транспортуванні й енергоемність продукції, яка випускається підприємствами галузі, підвищує ефективність використання генеруючих потужностей.

Завдання полягає у проведенні системного аналізу процесу керування електроспоживанням промислового підприємства, розробленні структурних схем, методів і алгоритмів керування електроспоживанням ПП.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням керування електроспоживанням присвячено ряд праць [1—6]. Розглянемо деякі з них. У статті [1] описано програмне забезпечення систем комерційного обліку ЕЕ і комплексу технічних засобів «Енергомiра», яке представлено сукупністю програмних модулів для організації комерційного обліку ЕЕ на енергетичних об'єктах. Такими об'єктами можуть виступати енергетичні компанії, районні електричні мережі, підстанції та інші споживачі ЕЕ.

Програмне забезпечення комплексу технічних засобів «Енергомiра» включає:

- автоматичне робоче місце диспетчера, що здійснює обробку даних з пристрою збору і передачі даних, подання їх у вигляді графіків і таблиць;
- генератор звітів для створення різних форм документів;
- програми збору даних і формування баз даних;
- програми адміністрування комплексу технічних засобів для визначення параметрів пристроїв системи.

Аналіз праць [1; 2] показав, що програмне забезпечення, представлене в них, створено різними організаціями, які не взаємодіють між собою при його створенні. Це викликає істотні ускладнення при спільному використанні програмного забезпечення.

У статті [3] представлена дворівнева автоматизована система обліку споживання ЕЕ «Е1 — Енергооблік». Нижній рівень системи містить електронні лічильники «Євро Альфа» і «Альфа Плюс» з цифровими каналами зв'язку, а верхній — сучасні комп'ютери з автоматичними робочими місцями диспетчера. Система побудована за архітектурою «клієнт—сервер» і дає змогу підтримувати довільну кількість клієнтських комп'ютерів з автоматичними робочими місцями диспетчера. Однак нині завдяки цій системі вирішуються лише завдання обліку ЕЕ.

Останнім часом все більше застосування знаходять автоматизовані системи контролю та обліку ЕЕ нового покоління, основу побудови яких складають сучасні промислові контролери [4]. Ці системи орієнтовані на вирішення завдань комерційного обліку споживання ЕЕ і потужності, а також технічного обліку й моніторингу електричних навантажень промислових підприємств у режимі реального часу. Аналіз праць [4—6] показує, що розглянуті в них системи виконують функції контролю електричної потужності і ЕЕ. Ці системи не реалізують функцій нормування, планування, прогнозування й оптимізації керування електроенергетикою промислових підприємств, що дають змогу отримати основний економічний ефект.

Метою дослідження є розробка методів інтелектуального управління електроспоживанням промислового підприємства з урахуванням впливу системи електропостачання, що забезпечить підтримання енергоефективних режимів електроспоживання та електропостачання промислового підприємства.

Викладення основних результатів дослідження. Завдання оперативного управління електроспоживанням промислового підприємства полягає в необхідності мінімізувати сукупність таких критеріїв [9]:

- за збитками підприємства від відключення (переходу на знижений режим роботи) споживачів регуляторів (СР) активного навантаження:

$$F_1 = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I y_{ij} k_{ij} \rightarrow \min ; \quad (1)$$

- за кількістю відключень споживачів регуляторів (СР) (комутацій електромережі підприємства):

$$F_2 = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I k_{ij} \rightarrow \min ; \quad (2)$$

- за втратами потужності (енергії) в електричній мережі підприємства, що обумовлені передаванням реактивної енергії при наступних обмеженнях:

$$F_3 = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \left\{ \left[Q_{i1}(t) - \sum_{g_{ij}=1}^{G_{ij}} Q_{g_{ij}}(t) h_{g_{ij}} \right]^2 R_{ij} / U_{ij}^2(t) \right\} \rightarrow \min ; \quad (3)$$

- за активним навантаженням підприємства:

$$\sum_{i=1}^I P_{i1}(t) - \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I P_{ij}(t) k_{ij} \leq P_{orp} ; \quad (4)$$

- за реактивним навантаженням підприємства:

$$Q_{bx}(t) \leq \sum_{i=1}^{L_1} \left[Q_{i1}(t) - \sum_{g_{i1}=1}^{G_{i1}} Q_{g_{i1}}(t) h_{g_{i1}} \right] \leq Q_{\max}(t) ; \quad (5)$$

- за напругою на приймачах електричної енергії:

$$U_{ijxb} \leq U_{ij}(t) \leq U_{ij\max} . \quad (6)$$

Для запобігання зривам технологічного процесу (ТП), обумовлених тривалими і частими відключеннями одних і тих самих СР, передбачена можливість встановлення тимчасових заборон на використання цих СР для регулювання навантаження, що дають змогу адаптувати завдання до реальних умов, які склалися на виробництві.

При розробці методів управління електроспоживанням використовуємо підсистеми у вигляді сукупності взаємопов'язаних структур: підтримки прийняття рішень, функціональної, організаційно-технічної та інформаційної.

Процес керування електропостачанням й електроспоживанням промислових підприємств неможливо адекватно описати за допомогою існуючого математичного апарату. Виникає необхідність їх поділу на окремі підсистеми, для формалізації яких можуть бути використані відомі математичні методи. Для аналізу процесу керування електроспоживанням з урахуванням впливу системи електропостачання використовуємо підхід до декомпозиції системи керування електропостачанням та електроспоживанням промислових підприємств, який забезпечує незалежність і повноту ознак, за якими здійснюється декомпозиція .

Цей підхід передбачає:

- на теоретико-множинному рівні формалізувати складові структури системи керування;

- у рамках єдиної концепції здійснити розробку підсистем керування, які забезпечують її функціонування;
- організувати спільне функціонування цих підсистем.

Керування електроспоживанням та електропостачанням є найважливішою підсистемою автоматизованої системи керування промисловим підприємством, що обумовлює ефективність електропостачання підприємства.

На теоретико-множинному рівні процес керування організаційно-технічними об'єктами представляється у вигляді відображень окремих дій:

$$F_n : \{L \times K \times Z \times P_{\text{вх}}\} \rightarrow P_{\text{вих}}, n = \overline{1, N}, \quad (7)$$

де L — дії з формувань основних функцій керування; K і Z — відповідно, дії з формувань можливих сполучень основних умов і механізмів реалізації функцій керування; $P = P_{\text{вх}} \cup P_{\text{вих}}$ — дії з формувань можливих сполучень основних інформаційних потоків; $P_{\text{вх}}$ і $P_{\text{вих}}$ — множини вхідних і вихідних інформаційних потоків.

При управлінні електроспоживанням промислового підприємства з урахуванням впливу системи електропостачання виконують такі дії:

1. *Дії з формувань основних функцій керування:* L_1 — реєстрація споживання електричної енергії, стану електричної мережі та ПЯЕЕ і перевірка даних вимірювань на достовірність; L_2 — вибір моделі і прогнозування витрат (споживання) електроенергії (ЕЕ) по виробничих підрозділах і підприємству; L_3 — розрахунок норм витрат ЕЕ, планування витрат ЕЕ і формування з їх використанням балансів ЕЕ; L_4 — розрахунок параметрів якості електричної енергії, параметрів режиму СЕП, аналіз конфігурації електричної мережі; L_5 — формування переліку електроспоживачів регуляторів та їх оптимального складу (ЕСР); L_6 — формування бази даних (БД) з керування витратами ЕЕ підприємства і підтримання її в актуальному стані; L_7 — прийняття рішень по витратах ЕЕ виробничих підрозділів і підприємства, максимальній споживаній потужності; L_8 — прийняття рішень щодо вибору конфігурації електричної мережі, підвищення показників якості електричної енергії, оптимізації режимів роботи СЕП.

2. *Дії з формувань основних умов реалізації функцій керування:* K_1 — інформація про витрати ЕЕ підприємством (нормативні акти); K_2 — інформація про обмеження та тарифи, що містяться в договорі на постачання ЕЕ на підприємство; K_3 — вимоги до точності метрологічних прогнозів; K_4 — вимоги до точності прогнозу електроспоживання; K_5 — порядок взаємодії з системою керування БД (СУБД); K_6 — вимоги до показників якості електричної енергії та надійності електропостачання. K_7 — вимоги до параметрів режиму СЕП.

3. *Основні елементи і механізми, які реалізують функції керування:* Z_1 — інформаційно-обчислювальний комплекс (ІОК) служби головного енергетика, який надає інформацію про стан і режими СЕП; Z_2 — енергодиспетчер, який формує обмеження для виконання нормативів щодо енергоспоживання; режимів функціонування СЕП, показників якості електричної енергії та конфігурації електричної мережі; Z_3 — оператор технологічного процесу, який формує обмеження щодо споживачів регуляторів; Z_4 — головний енер-

гетик, який формує обмеження для виконання вимог енергосистеми, надійності електропостачання; Z_5 — датчики для вимірювання електроспоживання, параметрів якості електричної енергії, стану елементів СЕП і електричні апарати для комутації споживачів та зміни конфігурації СЕП; Z_6 — БД АСУ енергетикою підприємства, яка використовується для підготовки рішень.

4. *Основні інформаційні потоки, які використовуються для реалізації функції керування:* P_1 — прогнозні значення температури навколишнього середовища і вологості повітря, отримані з метеостанції; P_2 — поточні дані про витрати ЕЕ виробничими підрозділами і підприємством; P_3 — поточні дані про обсяги продукції, виробленої підрозділами і підприємством; P_4 — поточні дані про ввімкнені споживачі регулятори та збитки, які обумовлені їх відмиканням; P_5 — ліміт електроспоживання підприємства; P_6 — поточні дані про витрати ЕЕ; P_7 — поточні дані про поточну температуру навколишнього середовища; P_8 — прогнозні значення витрати ЕЕ по підрозділах і підприємству; P_9 — план витрат ЕЕ підприємством; P_{10} — прийняття рішень по витраті ЕЕ; P_{11} — керувальні дії з регулювання витрати ЕЕ; P_{12} — оптимальний склад споживачів регуляторів; P_{13} — поточні дані про ПЯЕЕ; P_{14} — поточні дані про параметри режиму СЕП; P_{15} — поточні дані про конфігурацію СЕП; P_{16} — керувальні дії з керування ПЯЕЕ; P_{17} — керувальні дії зміни конфігурації СЕП; P_{18} — керувальні дії з оптимізації режимів СЕП.

Результати системного аналізу процесу керування електроспоживанням промислового підприємства показуються у вигляді відображень для окремих дій:

- реєстрація споживання ЕЕ, оцінка стану електричної мережі та ПЯЕЕ та перевірки на достовірність вимірювальної інформації:

$$F_1 : \{L_1, (P_1, P_2), K_3, (Z_1, Z_2, Z_5)\} \rightarrow (P_6, P_7); \quad (8)$$

- вибору моделі та проведення прогнозування електроспоживання:

$$F_2 : \{L_2, (P_3, P_6, P_7), (K_1, K_4), Z_1\} \rightarrow P_8; \quad (9)$$

- нормування, планування та формування балансів по окремих підрозділах та підприємству:

$$F_3 : \{L_3, (P_3, P_8), K_1, (Z_1, Z_2)\} \rightarrow P_9; \quad (10)$$

- проведення аналізу режимів СЕП, ПЯЕЕ та надійності СЕП:

$$F_4 : \{L_4, (P_3, P_4, P_5), (K_6, K_7), (Z_1, Z_2, Z_4, Z_5)\} \rightarrow P_3, P_4, P_5; \quad (11)$$

- формування переліку споживачів регуляторів та їх оптимального складу:

$$F_5 : \{L_5, (P_2, P_3, P_5, P_8), (K_1, K_2), (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)\} \rightarrow P_4, P_2; \quad (12)$$

- прийняття рішення щодо витрат ЕЕ:

$$F_6 : \{L_7, (P_5, P_6, P_9, P_{12}), (K_1, K_2), (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)\} \rightarrow P_{10}, P_{11}; \quad (13)$$

- прийняття рішення щодо зміни конфігурації й оптимізації режимів СЕП; нормалізації ПЯЕЕ:

$$F_7 : \{L_8, (P_{13}, P_{14}, P_{15}), (K_6, K_7), (Z_1, Z_2, Z_4, Z_5, Z_6)\} \rightarrow P_{16}, P_{17}, P_{18}; \quad (14)$$

- формування та підтримання в актуальному стані БД по керуванню витратами ЕЕ:

$$F_8 : \left\{ \begin{array}{l} L_6, (P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{12}), \\ K_5, (Z_1, Z_3, Z_6) \end{array} \right\} \rightarrow P_3, P_4, P_5, P_6, P_8, P_9. \quad (15)$$

Виконана декомпозиція системи керування електропостачанням та електрозбереженням, яка забезпечила цілісність її зображення і відображає інформаційну взаємодію, умови і механізми складових керування.

Планове керування електроспоживанням (ЕСП). Планування потужності споживачів ПП проводиться шляхом виявлення споживачів-регуляторів ЕЕ у нормальному режимі (СР_н) і у вимушеному режимі, який реалізується при впровадженні обмежень з боку енергопостачальної організації (визначення споживачів-регуляторів ЕЕ вимушеного режиму (СР_в) з метою визначення можливостей регулювання навантаження при мінімізації електроспоживання [8].

Алгоритм керування електроспоживанням промислового підприємства. Для реалізації планового керування ЕСП запропонований алгоритм керування режимом електроспоживання промислового підприємства (рис.) шляхом зміни режиму роботи електроспоживаючого обладнання СР (відключення або переведення СР на режим роботи з меншим навантаженням) [7].

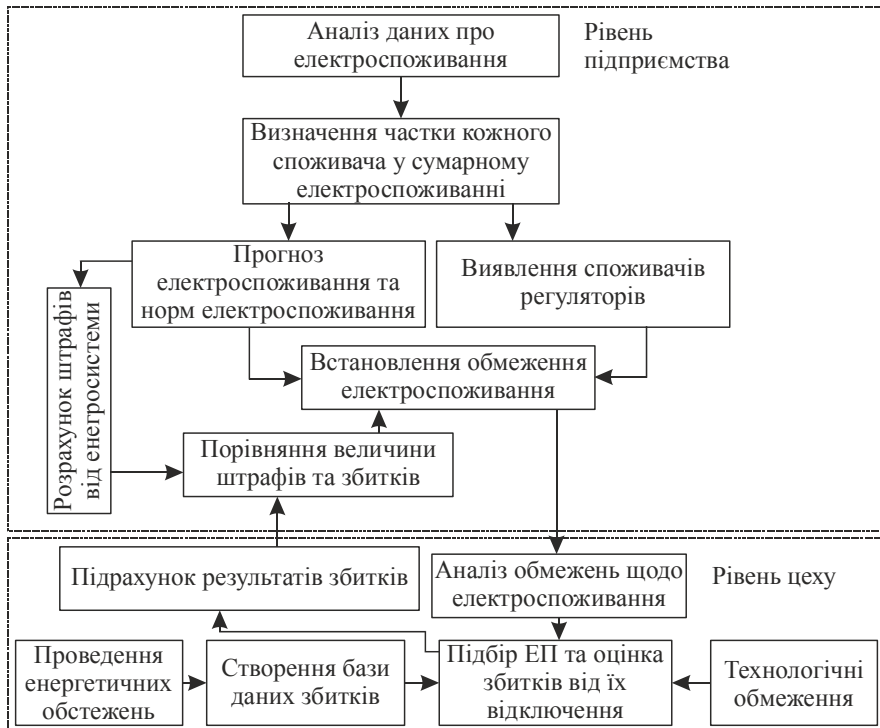


Рис. Алгоритм керування електроспоживанням ПП

Рішення щодо зміни режиму СР приймаються залежно від прогнозного значення електроспоживання $W_{\text{пр}} \in W$. Для цього множина W можливих значень електроспоживання розбивається на ряд непересічних підмножин:

$$\begin{aligned} M_1 &= \{W_{\text{пр}} \geq W_L^B\}, \quad M_2 = \{W_L^H < W_{\text{пр}} < W_L^B\}, \\ M_3 &= \{W_L^H \geq W_{\text{пр}}\}, \end{aligned} \quad (16)$$

де W_L^H, W_L^B — нижнє і верхнє обмеження по електроспоживанню, які встановлюються енергосистемою при нестачі дефіцитних видів палива, аварійних ситуаціях, нормативні значення електроспоживання тощо.

Кожній з виділених підмножин ставиться у відповідність сукупність керувальних впливів. Потрапляння контрольованого параметра $W_{\text{пр}}$ в кожен з виділених підмножин M_1, M_2, M_3 призводить до формування відповідного керувального впливу.

Керування режимом електроспоживання електроспоживання полягає у виконанні таких дій:

- вирішення завдань прогнозу електроспоживання, визначення питомих витрат ЕЕ та порівняння їх з нормативними та вибір оптимального складу СР (верхній рівень ПКРЕС);
- вирішення завдання підтримки електроспоживання обраних об'єктів у заданих рамках протягом розрахункового періоду (нижній рівень ПКРЕС).

Прогнозування електроспоживання промислового підприємства на основі нейро-нечіткої мережі (ННМ). Для прогнозування електроспоживання виробничими підрозділами використовується нейро-нечіткі системи. Як модель прогнозування адитивних компонент часового ряду споживання електричного навантаження обрана нечітка математична модель на основі алгоритму Такагі Сугено, параметри якої налаштовуються за допомогою адаптивної нейронечіткої мережі (ННМ).

Як модель прогнозування адитивних компонент часового ряду споживання електричного навантаження обрана нечітка математична модель на основі алгоритму Такагі Сугено, параметри якої налаштовуються за допомогою адаптивної нейро-нечіткої мережі (ННМ). З точки зору особливостей динаміки часових рядів електроспоживання (наявність піків, перепадів, високочастотних флуктуацій), а також специфіки розв'язуваної задачі прогнозування (вимоги точного відстеження локальних особливостей сигналу і їх тимчасова локалізація), для побудови моделі динаміки електроспоживання вибрано вейвлет-перетворення, що має можливості як частотної, так і тимчасової локалізації і максимально точного відтворенням не лише локальних особливостей, але й сигналу в цілому. Для нормування електроспоживання також використовуються нейромереві технології. Вхідні дані такі: плани виробництва по об'єктах виробництва, прогнозовані значення питомого енергоспоживання по них, середньодобова температура зовнішнього середовища. Вихідні дані: питомі норми енергоспоживання об'єктів нормування. При формуванні управлінських рішень електроспоживання використовуються методи

цільового програмування, реалізованого методами нечіткої оптимізації і теорії ігор, що дало змогу врахувати особливості задачі оптимізації: висока розмірність розв'язуваної задачі та інтегральні критерії якості, пов'язані з необхідністю врахування множини цілей управління (мінімум електроспоживання, максимум продуктивності і якості продукції тощо); імовірнісний характер зміни параметрів процесу; неповні вихідні дані.

Побудова підсистеми автоматизованого керування електроспоживання на основі прогнозних значень електроспоживання підприємства. ПАКЕС являє собою сукупність взаємодіючих блоків — прогнозування, нормування і планування електроспоживання, формування оптимального складу споживачів і діалогової підсистеми прийняття рішень з керування електроспоживанням підприємства [9].

Розглянемо особливості і призначення окремих функціональних блоків.

Блок прогнозування. На основі даних, що надходять з БД з управління витратами ЕЕ, за допомогою перцептрона виконується прогнозування ЕСП виробничих підрозділів і підприємства в цілому. Прогнозні значення ЕСП за даними об'єктам надходять у блок нормування і планування електроспоживання.

Блок нормування і планування електроспоживання. На основі отриманих прогнозних значень визначаються сумарна норма витрати і сумарні планові витрати ЕЕ по виробничим підрозділам, а також норма витрати і планова витрата ЕЕ по підприємству в цілому. Отримані дані містяться в БД з управління витратою ЕЕ і обчислені на їх основі сумарні планові витрати ЕЕ по невиробничих підрозділах підприємства.

Блок формування оптимального складу споживачів ЕЕ. На основі даних, що надходять з БД з керування витратами ЕЕ, а також вимог енергосистеми формується перелік СР. Перелік споживачів регуляторів та обсяги електроспоживання передаються в підсистему підтримки прийняття рішень.

Підсистема підтримки прийняття рішень з керування електроспоживанням. З БД з управління витратою ЕЕ отримують дані про фактичне і планове споживання ЕЕ виробничими підрозділами і підприємством в цілому, а також оптимальний склад споживачів ЕЕ. За допомогою підсистеми підтримки прийняття рішень здійснюється зіставлення фактичних і планових значень електроспоживання по підприємству і виробничих підрозділах, формуються керувальні впливи (КВ) — варіанти рішень з керування електроспоживання промислового підприємства, які забезпечать виконання вимог енергосистеми.

Процедура оперативного управління режимом електроспоживання підприємства [9] полягає в тому, що при нормальному режимі функціонування через фіксовані проміжки часу Δt керувально-обчислювальний комплекс проводить опитування датчиків, визначення поточної витрати електроенергії й обчислення фактичних навантажень по підприємству P і окремих електроприймачам P_j .

Далі розраховуються прогнозні значення навантаження з використанням адаптивної процедури прогнозування. Прогноз здійснюється з попередженням на r тактів опитування, що відповідає інтервалу часу $t^* = r \cdot \Delta t$ і визначається тривалістю підготовки і здійснення рішення реалізації керуючих дій.

Рішення приймаються залежно від прогнозного значення навантаження $P_{\text{пр}} \in P$.

Вся множина P можливих значень навантаження розбивається на ряд непересічних підмножин:

$$\Omega_1 = \{P_{\text{пр}} \geq P_L^B\}; \quad (17)$$

$$\Omega_2 = \{P_L^H < P_{\text{пр}} < P_L^B\}; \quad (18)$$

$$\Omega_3 = \{P_L^H \geq P_{\text{пр}}\}, \quad (19)$$

де P_L^B, P_L^H — нижнє і верхнє обмеження електричного навантаження.

Кожній з виділених підмножин ставиться у відповідність сукупність керувальних впливів (КВ). Обмеженням навантаження виступає заявлена підприємством на певний квартал максимальна потужність P_{max}^k .

При управлінні електроспоживанням доцільно використати метод розпізнавання станів СЕП, доповнюваний методами ідентифікації станів СЕП із застосуванням нейро-нечіткої мережі та оптимізації станів СЕП на основі генетичного алгоритму, методу класифікації станів СЕП за допомогою нечіткої кластеризації [8; 11].

Метод формування складу електроприймачів для регулювання активного навантаження. Вибір споживачів регуляторів (СР) здійснюється за векторним критерієм з складовими (1) і (2) в області, яка визначається обмеженнями (4), за допомогою генетичного алгоритму (ГА) [12]. Завдання вирішується для нижнього рівня СЕП підприємства. Після вирішення завдання за допомогою ГА визначаються вузли вищих рівнів ієрархії системи електропостачання, що містять тільки вибрані на нижньому рівні СР. При наявності таких вузлів вони включаються в список для регулювання навантаження замість СР, належних їм.

Програмно-технічні засоби управління електроспоживанням. У системі управління виділяється автоматична частина, яка реалізується на основі апаратно і програмно сумісних технічних засобів: інтелектуальних датчиків; вимірювальних перетворювачів; аналогових комутаторів; мікропроцесорних контролерів; персональних ЕОМ, розміщених на робочих місцях співробітників служби головного енергетика (СГЕ) і об'єднаних в локальні обчислювальні мережі, пов'язані між собою та іншими мережами АСУ; виконавчих механізмів та інших технічних засобів, вироблених фірмами: Siemens, Analog Devices, Octagon Systems, Advantech, Measurement Computing, Industrial Tech, TREI GmbH, Pepperl + Fuchs Group тощо.

При розробці програмного забезпечення (ПЗ) АСУЕП доцільно використовувати сучасні інструментальні програмні засоби:

- CASE-засоби [10]: BPwin, ERwin (Logic Works), Rational Rose (Rational Software) тощо;

- SCADA-системи [11]: InTouch, InTrack, InBatch, InSupport (Wonderware); Genesis (Iconics); Citect (Ci Technologies); КРУГ-2000 (НПФ «Коло»); Trace

Mode (AdAstra) та ін., що дасть змогу систематизувати й автоматизувати всі етапи розробки ПЗ і забезпечить уніфікацію проектних рішень і полегшить обслуговування, розвиток і модифікацію програмних систем. Поряд з функціями збору та первинної обробки інформації, для програмної реалізації їх в функції реального часу використовуються CASE-засоби і технології програмування за допомогою SCADA-ПАКЕТ.

Висновки

1. Розробка методів управління електроспоживанням проводиться на основі системного аналізу процесу керування електроспоживанням, що дає змогу врахувати вплив системи електропостачання і визначити етапи керування, керувальні дії, інформаційні потоки і умови реалізації керувальних дій.
2. Формування дій з керування електроспоживанням проводиться на основі прогнозних значень електроспоживання, які визначені за допомогою нейронечітких мереж.
3. Керування електроспоживанням проводиться з використанням споживачів регуляторів, які визначаються за евристичним алгоритмом і прогнозних значень електроспоживання.
4. Процес управління електроспоживанням реалізується з використанням діалогової підсистеми підтримки і прийняття рішень.

Література

1. Мирзоян Ю.Ц. Программное обеспечение КТС «Энергомера». *Энергетик*. 2000. № 8. С. 42—44.
2. Капитонова Б., Туганов В., Сатаров Л. Территориально-распределенная автоматизированная система учета и контроля электропотребления. *Современные технологии автоматизации*. 1996. № 1. С. 78—80.
3. Булаев Ю.В., Табаков В.А., Еськин В.В. Комплексная автоматизация энергоснабжения предприятия. *Промышленная энергетика*. 2001. № 2. С. 11—15.
4. Егоров В.А. АСКУЭ современного предприятия. *Энергетик*. 2001. № 12. С. 41—48.
5. Ковезев С.Н., Уразов В.В., Чумаков В.В. АСКУЭ на базе ИВК «Спрут». *Энергетик*. 2001. № 2. С. 11—13.
6. Молокан Э. Автоматизация учета энергопотребления. *Современные технологии автоматизации*. 1996. № 1. С. 74—76.
7. Праховник А.В., Розен В.П., Дегтярев В.В. Энергосберегающие режимы электропитания горнодобывающих предприятий. Москва: Недра. 1985. 232 с.
8. Резчиков А.Ф., Ивашенко В.А. Управление ееелектропотреблением про-мышленных предприятий. Саратов: Издательский Центр «Наука». 2008. 183 с.
9. Балюта С. М., Йовбак В.Д., Копилова Л.О., Корольов Є.О. Методологічні основи управління споживанням електричної енергії промисловими підприємствами. *Науково-практичний галузевий журнал «Джурор України»*. 2015. № 4 (112). С. 22—30.
10. Du K.L., Swamy M.N. S. Neural networks and Statistical Learning. Springer. 2014. 824 p.
11. Ben Krose, Patrick van der Smagt. An introduction to Neural Networks. The University of Amsterdam. 1996. 124 p.
12. Rodrigues P.P., Gama J. A system for analysis and prediction of electricity-load streams. *Intelligent Data Analysis*. No. 13. 2009. P. 477—496.

**THERMOMETRIC METHODS AND DEVICES
FOR MEASURING THE THERMAL CHARACTERISTICS
OF FOOD PRODUCTS**

O. Mazurenko, D. Kolomiets, V. Lutsenko, O. Mazurenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Food products
Properties
Thermophysical
characteristics
Methods of measurement
Thermometric devices*

Article history:

Received 08.01.2019
Received in revised form
25.01.2019
Accepted 11.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Most of the raw materials and finished food products are thermolabile materials. Therefore, for the development of new energy-saving processes and equipment for the thermal processing of such materials, information about the effective values of their thermophysical characteristics is needed, obtained in conditions that are as close as possible to the production. In such circumstances, an analysis of existing methods and devices for determining the thermophysical characteristics for their suitability for the study of the characteristics of thermolabious materials with minimal errors is an actual scientific task.

It is shown that the most suitable for obtaining data concerning the effective values of the thermophysical characteristics of thermolabious materials are the thermometric methods and devices of complex characterization of characteristics, that is, methods and devices that allow to determine the thermal conductivity and heat capacity of a material simultaneously from one experiment.

The results of analysis of methods of determination of metrological characteristics of TPC devices are presented, from which it follows that the most frequent characteristics of these devices are calculated based on the results of experiments with working standards. It is noted that such a way to determine the characteristics of the device has a number of shortcomings, the main of which is the difference in contact resistance system “device-sample of test material” and the system “device-sample of working prototype.” This difference increases the error in determining the ballast resistance of the device and, consequently, reduces the accuracy of determining the characteristics of materials.

It is established that in order to improve the accuracy of the results of the complex determination of TPC materials, it is necessary to determine all metrological characteristics of the device according to the results of experiments with the test material, but not with the reference. Relatively to TPC-device sample of the research material should be of standard material. Method for simultaneous determination of metrological characteristics of the instrument and thermophysical characteristics of the material by the results of the experiment with the sample of the research material in conditions close to production is developed.

ТЕПЛОМЕТРИЧНІ СПОСОБИ ТА ПРИЛАДИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

О.О. Мазуренко, Д.П. Коломієць, В.В. Луценко, О.Г. Мазуренко
Національний університет харчових технологій

Більшість сировини і готових продуктів харчової промисловості є термолабільними матеріалами. Тому для розробки нових енергозберігаючих процесів і обладнання термічної обробки таких матеріалів необхідна інформація про ефективні значення їх теплофізичних характеристик, причому одержана в умовах, максимально наближених до виробничих. За таких обставин аналіз існуючих способів і приладів визначення теплофізичних характеристик на предмет їх придатності для дослідження характеристик термолабільних матеріалів з мінімальними похибками є актуальним науковим завданням.

Показано, що найбільш придатними для одержання даних про ефективні значення теплофізичних характеристик термолабільних матеріалів є теплометричні способи та прилади комплексного визначення характеристик, тобто способи та прилади, які дають змогу визначати теплопровідність і теплоємність матеріалу одночасно з одного дослідіду.

Наведені результати аналізу способів визначення метрологічних характеристик ТФХ-приладів, з яких випливає, що найбільш часто характеристики цих приладів розраховують за результатами дослідів з робочими еталонами. При цьому зазначено, що такий спосіб визначення характеристик приладу має ряд недоліків, основним серед яких є відмінність контактних опорів системи «прилад-зразок дослідного матеріалу» і системи «прилад-зразок робочого еталону». Ця відмінність збільшує похибку при визначенні баластних опорів приладу і, як наслідок, зменшує точність визначення характеристик матеріалів.

Встановлено, що для підвищення точності результатів комплексного визначення ТФХ матеріалів необхідно всі метрологічні характеристики приладу визначати за результатами експериментів з дослідним матеріалом, а не з еталонним. Тобто відносно ТФХ-приладу зразок дослідного матеріалу одночасно має бути еталонним матеріалом. Розроблено спосіб одночасного визначення метрологічних характеристик приладу і теплофізичних характеристик матеріалу за результатами експерименту зі зразком дослідного матеріалу в умовах наближених до виробничих.

Ключові слова: харчові продукти, властивості, теплофізичні характеристики, способи вимірювання, теплометричні прилади.

Постановка проблеми. Життєдіяльність людини відбувається в часі та просторі і пов'язана зі споживанням їжі та взаємодією з навколишнім середовищем. Харчування людини — один з найважливіших чинників, які впливають

на її здоров'я. Що стосується докільця і тіл, які оточують людину, то їхня взаємодія проявляється через фізичні явища і супроводжується перетворенням енергії, що є найважливішим проявом існування матеріального світу [1].

Основні поживні речовини їжі — це білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни і вода. Останнім часом встановлено факт існування невідомих раніше факторів їжі, так званих мінорних нехарчових біологічно активних компонентів (біофлавоноїдів, індолів, фітостеролів, ізотіоціанатів тощо), які покращують якість життя і знижують ризик розвитку багатьох захворювань. Основним джерелом таких речовин є рослинна їжа — культивовані та дикі рослини [2; 3].

Бурхливий розвиток технічного прогресу сьогодення, що супроводжується появою великої кількості нових видів матеріалів, розробкою та впровадженням енергозберігаючих технологій виробництва різних видів продукції, викликав особливу потребу в інформації про перебіг теплових процесів як у вихідних матеріалах (сировині), так і в готових продуктах при їх зберіганні. Але найбільшій інформаційній увазі потребують безпосередньо технологічні процеси перетворення сировини в готові вироби.

Зважаючи на те, що теплові властивості надзвичайно різноманітних за асортиментом харчових продуктів і напоїв істотно залежать від хімічного складу, структури, агрегатного стану, умов існування й температури, то практично неможливо раз і назавжди визначити та скласти таблиці цих властивостей, як це зроблено, наприклад, для газів, рідин, металів тощо [4—7]. Оскільки дані про компонентний склад (у масових частках) багатьох продуктів і напоїв легкодоступні із літературних джерел, наприклад [8; 9], то, у поєднанні з температурними залежностями, теплові властивості цих речовин можна з певним наближенням передбачити математичними розрахунками за прийнятими моделями [10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною моделлю переміщення теплової енергії у будь-яких матеріалах є перенесення її шляхом теплопровідності [11; 12], якою є здатність речовини кінетичну енергію атомів і молекул більш нагрітих ділянок тіла передавати атомам і молекулам у тих ділянках тіла, де температура нижча. Будь-яка інша більш складна модель теплообміну суттєво ускладнює і без того громіздкі формули розрахунку тривалості процесів термічної обробки та кінцевої температури продукту.

Особливості перебігу теплообмінних процесів у речовинах оцінюють за зміною їх теплофізичних властивостей, переважно, теплопровідності λ , температуропровідності a , масової c_x або об'ємної $(c_p)_x$ теплоємності. Оскільки вони входять як коефіцієнти в усі рівняння аналітичної теорії теплопровідності [11—13], то їх вважають найважливішими і відносять до так званих основних теплофізичних характеристик (далі ТФХ). Кількісні розрахунки теплових і температурних полів реальних тіл можливі тільки тоді, коли відомі конкретні значення теплоємності, теплопровідності і температуропровідності матеріалу цих тіл. Для їх визначення використовують різні способи: аналітичні, аналітично-експериментальні або експериментальні з використанням спеціальних приладів і методик [13—16].

У загальному випадку теплофізичні властивості тіл можуть залежати від температури, тиску й особливостей термодинамічної процесу. Сучасна фізика не має універсальних теоретичних моделей, які б давали змогу розраховувати теплофізичні властивості реальних речовин і матеріалів. Тому основним джерелом інформації про них є спеціально організовані теплофізичні вимірювання [1], точність яких залежить як від об'єкта дослідження, так і правильно обраного методу визначення ТФХ.

Теплофізичні властивості певного харчового матеріалу залежать передусім від його агрегатного стану, а тому доцільно розподілити всі харчові матеріали на тверді, рідкі та газоподібні тіла. У більшості випадків сировина, матеріали та продукти харчової промисловості являють собою природні, зазвичай гетерогенні, системи [17] — тверді тіла різноманітної структури і рідкі розчини різної концентрації, в яких можуть знаходитися і газові включення. В широкому сенсі — це суміші [18] газоподібних, рідких, твердих тіл і їх композицій, а також тверді пористі (зернисті) системи з газовими і рідкими включеннями. Крім кристалів типу цукру і солі, харчові матеріали мають колоїдну капілярно-пористу будову. Для таких матеріалів, як борошно, зерно, цукровий пісок і їм подібних, характерна дисперсна структура.

Відомо, що значна більшість досліджуваних речовин, особливо харчових продуктів, містять вологу. Тому в процесі термічної обробки таких речовин має місце не тільки перенесення теплоти, а й одночасне перенесення маси (вологи). Безпосередньо процеси перенесення можуть бути реалізовані різними шляхами: теплопровідністю, дифузєю, термовологопровідністю, конвекцією тощо. При цьому волога у продукті може переміщуватися у рідкому або газоподібному стані, у чистому виді або як розчин [18—21].

Труднощі експериментального визначення теплофізичних характеристик таких об'єктів обумовлює велике значення аналітичних методів розрахунку коефіцієнтів залежно від складу, структури і параметрів стану системи. При цьому великого значення набуває обґрунтований вибір моделей структури об'єктів і фізичних уявлень, що лежать в основі вибраних методів вимірювань. Так, наприклад, залежно від методу та швидкості нагріву (охолодження) об'єкта може змінюватися його структура, а для вологих матеріалів велике значення може мати взаємовплив процесів перенесення тепла (енергії) і маси (вологи) особливо при наявності фазових перетворень. Тож визначення й оцінку значень теплофізичних характеристик матеріалів слід пов'язувати з іншими властивостями і характеристиками, а також з методами їх обробки в різних технологічних процесах.

Для дисперсних матеріалів розбіжності в значеннях теплофізичних характеристик, отриманих різними методами і різними авторами, найбільш помітні, тому що неможливо навіть двічі повністю змодельовати одну і ту ж структуру (за щільністю, розташуванням часток, розмірами капілярів і характеру діючих молекулярних сил). Тому ці матеріали можуть характеризуватися тільки ефективними значеннями теплофізичних характеристик [13; 14].

Універсальні методи, що застосовуються при дослідженні твердих і рідких харчових матеріалів дають змогу визначити всі характеристики з одного нетривалого дослідження, але і вони далекі від динамічної моделі. При використанні

отриманих значень ТФХ для розрахунку виробничих процесів і установок можливі великі похибки, тому що умови проведення експериментів часто суттєво відрізняються від реальних технологічних умов.

Одним із шляхів підвищення точності розрахунків технологічних показників є використання ефективних ТФХ продуктів, що визначені:

- по-перше — для умов, максимально наближених до виробничих;
- по-друге — з урахуванням лабільності матеріалів і комплексно, тобто всі характеристики продукту визначаються одночасно з одного досліду і на одному приладі.

Відмітимо, що всі експериментальні способи визначення ТФХ передбачають вимірювання одночасно також температури зразка дослідного матеріалу. Тому до будови приладів визначення ТФХ матеріалів, зокрема теплотричних, окрім перетворювачів теплового потоку (ПТП), обов'язково входять первинні перетворювачі температури (ПТ), зокрема термоелектричні.

Створенню приладів і розробці способів вимірювання ТФХ матеріалів в Україні сприяли розроблення термоелектричних перетворювачів теплового потоку (1957 р., Інститут технічної теплофізики НАН України) і становлення окремого напряму науки вимірювання фізичних величин — теплотрії [1; 22; 23]. Наявність чутливих і зручних в експлуатації термоелектричних ПТП, які працюють за принципом «допоміжної стінки», обумовила створення на їх базі різноманітних пристроїв і приладів, у тому числі теплотричних приладів визначення ТФХ матеріалів. На сьогодні в Україні створена велика номенклатура багатоелементних термоелектричних ПТП [1], на які в країні діє державний стандарт [25].

Для визначення теплопровідності матеріалів прямим або побічним методом, при стаціонарному чи нестаціонарному транзиті теплоти через зразок дослідного матеріалу, широко використовують так звані λ -прилади [25—28].

Одним із найбільш доцільних і достовірних шляхів отримання інформації щодо кількості теплоти, яка виділяється або поглинається матеріалом у будь-якому фізичному, хімічному або біологічному процесі, є експериментальне дослідження, яке проводять з використанням калориметрів [11; 12; 29; 30].

При визначенні ТФХ термолабільних матеріалів, якими є харчові продукти, краще використовувати теплотричні прилади для комплексного визначення ТФХ матеріалів, які дають можливість визначати одночасно всі характеристики з одного досліду за умов наближених до умов технологічного процесу. Причому тут, на нашу думку, перевагу потрібно віддавати безпосередньо визначенню температуропровідності $a_x = \lambda_x / (c\rho)_x$ й теплової активності $\beta_x = \sqrt{\lambda_x \cdot (c\rho)_x}$ матеріалів.

Однією з основних проблем при використанні будь-якого приладу для вимірювання теплофізичних величин є питання, пов'язані з одержанням достовірних результатів його градування, або, інакше кажучи, визначення його метрологічних характеристик (МХ). Адже від якості визначення МХ приладу, які разом з результатами вимірювання сигналів первинних перетворювачів приладу використовуються для розрахунків ТФХ зразків дослідних матеріалів, у кінцевому рахунку залежать похибки вимірювання.

Метою статті є аналіз існуючих теплометричних способів і приладів експериментального визначення ТФХ матеріалів, а також способів визначення МХ цих приладів та обрання найбільш придатних для дослідження ТФХ термолабільних матеріалів харчової промисловості. Кінцевим завданням цього напрямку наших досліджень є розробка принципово нового способу визначення МХ ТФХ-приладу і ТФХ термолабільних матеріалів.

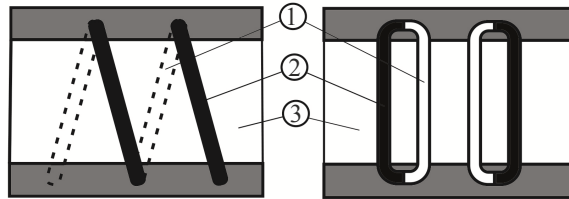


Рис. 1. Спіральний ТПП: 1 — основний термоелектрон; 2 — біметалевий термоелектрон; 3 — електроізолюючий компаунд

Викладення основних результатів дослідження. ТПП, які працюють за принципом «допоміжної стінки», являють собою пластину (диск) за товщині якої розміщена батарея термоелементів (рис. 1) — диференційна плоска спіральна гіпертермопара, виготовлена за гальванічною технологією і залита електроізолюючим компаундом. Кількість спаїв диференційної термопари на 1 cm^2 поверхні такого ТПП може складати від 500 до 3000 одиниць [1].

При проходженні потоку теплоти через такий перетворювач внаслідок різниці температур між його поверхнями батарея термоелектричних елементів генерує термо-ЕРС e_q , величина якої пропорційна густині теплового потоку q . Тут густину теплового потоку розраховують за формулою:

$$q = K_q \cdot e_q, \quad (1)$$

де K_q — робочий коефіцієнт (величина зворотна чутливості) ТПП [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mV}^{-1}$].

Значення коефіцієнта K_q визначають за спеціальними методиками з використанням стендів градування ТПП при радіаційному або кондуктивному підводі теплоти [1; 22; 23].

Залежно від матеріалу, з якого виготовлений перетворювач, і величини термо-ЕРС e_t , яку він генерує, температуру t спаю (королька) ПТ визначають з використанням відповідних таблиць [31], або розраховують за формулою:

$$t = K_t \cdot e_t, \quad (2)$$

де K_t — робочий коефіцієнт (величина зворотна чутливості) ПТ [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{mV}^{-1}$].

Значення коефіцієнта K_t знаходять за результатами визначення метрологічних характеристик ПТ. При цьому зазначимо, що на відміну від K_q , значення якого не залежить від q , значення K_t більшості видів термопар є функцією температури, в тому числі навколишнього середовища. Це викликає певні труднощі не тільки при градуванні ПТ, а й під час перевірки їх роботи у ТФХ-приладі. З метою компенсації такого впливу змушені ускладнювати схему вимірювання температури додатковими пристроями, що, однозначно, в

кінцевому результату, зменшує точність вимірювання як ТФХ матеріалів, так і температури їх віднесення.

З викладеного вище випливає, що робочі коефіцієнти K_q і K_t первинних перетворювачів, по суті, є метрологічними характеристиками будь-якого теплометричного ТФХ-приладу. Тому перед проведенням дослідів з визначення ТФХ матеріалів обов'язково виконуються заходи з градуювання ПТП і значно рідше — з градуювання ПТ.

Зазначимо, що конструкція, так званих лямбда-приладів визначається не тільки обраним способом визначення λ , а й суттєво залежать від виду, стану, форми та фізичних особливостей дослідного матеріалу. Принципово всі ці прилади мають вимірювальну комірку, оснащену блоком організації теплового режиму та вимірювальними пристроями теплового потоку й температури.

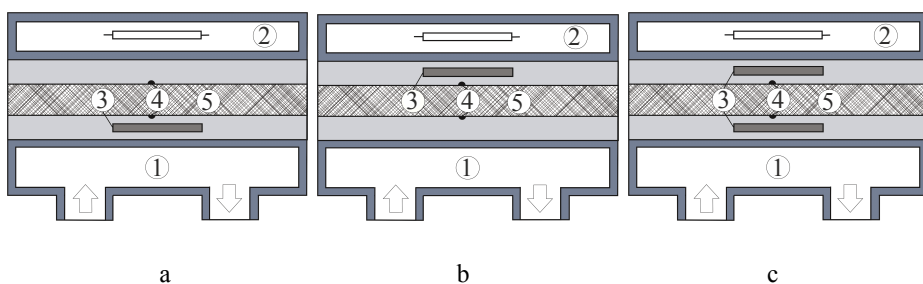


Рис. 2. Асиметрична (а і b) і симетрична (с) схеми компоновки стандартних теплометричних приладів для визначення теплопровідності одного зразка дослідного матеріалу

Вимірювальна комірка перших моделей теплометричних лямбда-приладів (рис. 2а, b) для визначення теплопровідності плоских зразків матеріалів у стаціонарному тепловому режимі, має один ПТП 3, яких розміщений на робочій поверхні проточного теплообмінника 1 та два термоелектричних ПТ 4, чутлива частина (корольок) одного з яких розташована на робочій поверхні проточного теплообмінника 1, а другого — на робочій поверхні електричного нагрівача 2. ПТ вимірюють температуру t_1 і t_2 на робочих поверхнях зразка 5, який розташовують між нагрівачем і теплообмінником [27].

Для створення потоку теплоти густиною q крізь зразок різницю температур Δt між його робочими поверхнями підтримують на рівні 5...10 К. При вимірюванні різниці температур — ($\Delta t = t_1 - t_2$) або визначенні температури віднесення λ_x матеріалу (в цьому разі середньої — $\bar{t} = (t_1 + t_2) / 2$) ПТ вмикають, відповідно, «зустрічно» або «узгоджено» за напрямом генерованих термо-ЕРС.

Теплопровідність λ_x зразка матеріалу товщиною h розраховують за результатами вимірювання різниці температур Δt між робочими поверхнями і сигналу e_q ПТП на одній з робочих поверхонь (або на двох поверхнях — $e_q = e_{q1} = e_{q2}$ — рис. 2с) зразка за формулою:

$$\lambda_x = h \cdot \left(\frac{\Delta t}{K_q \cdot e_q} - R_b \right)^{-1} = h \cdot \left(\frac{\Delta t}{q} - R_b \right)^{-1}, \quad (3)$$

де R_b — додатковий (баластний) термічний опір приладу, величину якого визначають при градуванні приладу.

Тут відмітимо, що згідно зі стандартом України саме такий прилад, а також ще п'ять його модифікацій обрано для визначення теплопровідності зокрема будівельних матеріалів [32].

Звернемо увагу, що у вимірювальних комірках деяких із стандартних вітчизняних λ -приладів замість одного ПТП, якого в принципі достатньо для визначення теплопровідності дослідного матеріалу в стаціонарному тепловому режимі, встановлюють два ПТП (рис. 2с). Пояснюється це тим, що використання двох ПТП покращує контроль за підтриманням стаціонарного теплового режиму, що сприяє підвищенню точності визначення λ_x матеріалів.

Подібне має місце і в закордонних приладах визначення теплопровідності матеріалів. Так, незважаючи на доволі досконалі в технічному відношенні системи організації і підтримки стаціонарного теплового режиму, у вимірювальних комірках λ -приладів серії HFV 436 LAMBDA фірми «NETZSCH» (Німеччина) [28] та приладів FOX фірми «LaserComp, Inc», США [33] також розмішено по два ПТП. Використання двох ПТП тут також аргументується бажанням покращити контроль за дотриманням стаціонарного теплового режиму в дослідному зразку.

Для вимірювання малих теплових ефектів у невеликих об'ємах різноманітних матеріалів використовують мікрокалориметри, які, крім усього іншого, даю змогу ть проводити вимірювання у широкому інтервалі температур [29].

Для визначення масової або об'ємної теплоємності матеріалів традиційно частіше використовують різноманітні за будовою кондуктивні мікрокалориметри. При цьому для вимірювання кількості теплоти Q_m , підведеної (відведеної) від приладу зі зразком матеріалу масою m_x (об'ємом V_x), яка викликає зміну середньої температури зразка на величину Δt , у цих приладах використовують батареї термопарних елементів. Вимірювальна комірка мікрокалориметрів, де розташовують зразок дослідного матеріалу, являє собою теплометричну оболонку циліндричної форми або плоский ПТП.

За результатами вимірювань розраховують масову c_x та об'ємну $(c\rho)_x$ теплоємності матеріалу за формулами:

$$c_x = (Q_m - Q_b) / (m_x \cdot \Delta t), \quad (4)$$

$$(c\rho)_x = (Q_m - Q_b) / (V_x \cdot \Delta t). \quad (5)$$

де Q_b — кількість теплоти, що витрачається на зміну температури приладу на величину Δt . Її значення визначають при калібруванні ТФХ-приладу.

Останнім часом для визначення теплоємності набули поширення методи теплового аналізу при лінійному та покроковому скануванні теплоємності за температурою зразка матеріалу [11; 12; 30]. Вони відображені у стандарті України [34], який у повній мірі відповідає стандарту Німеччини [35], а також у стандартах США [36] та Японії [37].

Однією з основних складових приладу визначення теплоємності методом сканування є тепловий блок, у якому розмішують дослідні зразки та який забезпечує потрібні тепловий і температурний режими дослідження (рис. 3).

У загальному випадку тепловий блок являє собою порожнистий циліндр 1, виконаний з високотеплопровідного матеріалу, у нижній частині якого знаходиться теплообмінник 2, оснащений масивною пластиною (далі плита), що виконана також з високотеплопровідного матеріалу і яка призначена для рівномірного розподілення температури. Зверху пластини розміщують вимірювальні комірки, кожна з яких являє собою плоский ПТП 4, що встановлений у чашкоподібний контейнер.

Для створення потрібного теплового режиму визначення характеристик зразка матеріалу і приладу у нижній частині теплообмінника змонтовано електричний нагрівач 8, там же можуть бути канали 9 для проходження енергоносія. Для вимірювання температури плити — вимірювальних комірок у тіло теплообмінника вмонтовано первинний перетворювач температури 3 (термометр опору або термопара). З метою усунення впливу зовнішніх факторів на температурний режим у вимірювальній комірці використовується теплова ізоляція 10.

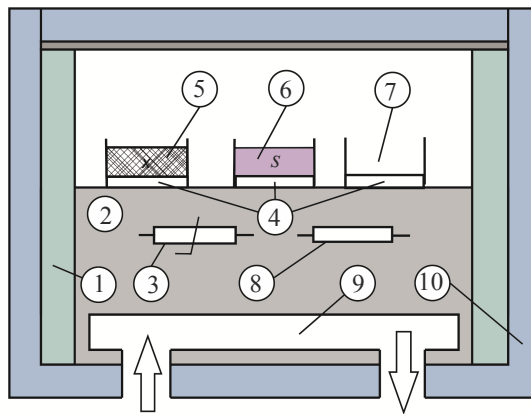


Рис. 3. Прилад для сканування теплосмості за температурою зразка дослідного матеріалу

Кількість вимірювальних комірок визначається методикою дослідження. Так, наявність у приладі трьох і більше вимірювальних комірок дає можливість поєднати між собою досліді з визначення теплоємності матеріалу (кількох матеріалів) і так звані підготовчі досліді з визначення метрологічних характеристик приладу. Для цього в одній з комірок розташовують зразок дослідного матеріалу 5 масою m_x , у другій — зразок еталонного матеріалу 6 масою m_s , а третю комірку 7 — залишають порожньою. Поєднання таких дослідів запобігає неточності відтворення температурного режиму в разі неодновременного визначення метрологічних характеристик приладу та характеристики матеріалу, а отже, дає змогу покращити точність їх визначення.

Матеріал, з якого виготовляються контейнери, їх форма та параметри підбираються відповідно до типу зразка й умов проведення дослідження. Наприклад, з метою запобігання випаровування вологи при визначення теплоємності вологих матеріалів використовують герметичні контейнери.

При визначенні теплоємності, наприклад, методом покорокового сканування, температурний діапазон дослідження розбивають на окремі інтервали (кроки). Рекомендований у нормативному документі [34] крок зміни температури має складати близько 10 К.

Протягом покорокового нагрівання комірок приладу від нижньої межі температурного інтервалу (кроку) — усталеної температури t_i вимірювальних комірок, до верхньої межі кроку — усталеної температури t_{i+1} комірок, вимірюють потоки теплоти Φ , які підводяться до кожної з комірок. Повну теплоту, витрачену на нагрівання кожної комірки у кожному «кроці» температури, тривалість якого складає $\Delta\tau$, визначають інтегруванням кривої зміни теплового потоку Φ_i у часі τ —

$$\Delta Q_i = \int_{\Delta\tau} \Phi_i \cdot d\tau.$$

Масову теплоємність матеріалу c_x у кожному інтервалі («кроці») температури при нагрівання зразка від початкової t_i до t_{i+1} , розраховують за рівнянням:

$$c_x = \left[\frac{\Delta Q_x - \Delta Q_0}{\Delta Q_s - \Delta Q_0} - k_i(t) \right] \cdot \frac{c_s(t) \cdot m_s + [C'_s(t) - C'_0(t)]}{m_x}, \quad (6)$$

де ΔQ_x , ΔQ_s та ΔQ_0 — кількість теплоти витраченої на нагрівання комірок, відповідно, зі зразком дослідного матеріалу, зі зразком еталонного матеріалу та пустої; $k(t)$ — коефіцієнт, який враховує не ідентичність вимірювальних комірок; c_s — теплоємність еталонного матеріалу; $C'_s(t)$ та $C'_0(t)$ — власна теплоємність комірки, де знаходиться еталонний матеріал та пустої комірки.

Отриманий за рівнянням (4) результат розрахунку c_x відносять до середньої за крок температури комірок:

$$\bar{t} = (t_{i+1} + t_i) / 2.$$

За будовою базовий теплотричний прилад для комплексного дослідження ТФХ плоских зразків термолабільних матеріалів (рис. 4) принципово не відрізняється від приладу, наведеного на рис. 2с. Він складається з двох проточних теплообмінників 1 та 2, на «робочих» поверхнях кожного з яких розташовані термоелектричні ПТП 3 та ПТ 4. Для забезпечення різниці температур на поверхнях зразка дослідного матеріалу 5, а, отже, потоку теплоти, що проходить через зразок товщиною h , у теплообмінник 1 подається енергоносі, температура якого на 3—10 К вища за температуру енергоносія, що подається у теплообмінник 2.

Будова приладу комплексного визначення ТФХ матеріалів має забезпечувати можливість створювати та підтримувати у дослідному зразку продукту різноманітні теплові режими, зокрема, стаціонарний і перехідний режими.

Для дослідження температурних залежностей ТФХ за рахунок зміни температури в одному або у двох теплообмінниках одночасно створюють цикли стаціонарного і перехідного режимів. При цьому ланцюжки теплових режимів можуть бути двох типів — зі зміною і без зміни середнього теплового потоку, який проходить через зразок дослідного продукту.

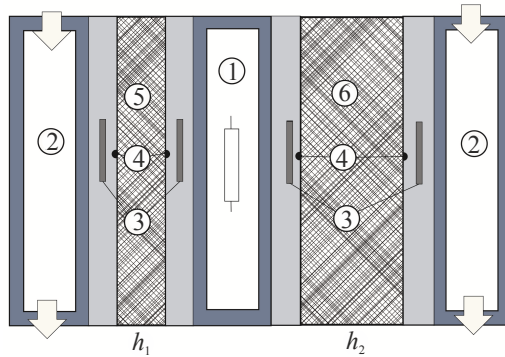


Рис. 4. Двокомірковий прилад для комплексного визначення ТФХ термостабільних матеріалів [А.с. № 813219 (СССР) Б.И., 1981, № 10]

За результатами визначення у i -му стаціонарному тепловому режимі густини теплового потоку і температури на «гарячій», $q_1 = K_q \cdot e_{q1}$ і t_{1i} , та «холодній» $q_{2i} = K_q \cdot e_{q2i}$ і t_{2i} , поверхнях зразка дослідного матеріалу товщиною h , при $q_i = q_{1i} = q_{2i}$ та $\Delta t_i = t_{1i} - t_{2i}$, теплопровідність матеріалу при температурі $\bar{t}_i = (t_{1i} + t_{2i}) / 2$ розраховують за рівнянням виду (3).

Об'ємну теплоємність зразка матеріалу, за результатами вимірювання кінетик густини теплового потоку, q_1 і q_2 , на поверхнях зразка та зміни його середньої температури $\delta \bar{t} = \bar{t}_{(i+1)} - \bar{t}_i$ за час $\Delta \tau = \tau_{i+1} - \tau_i$ переходу від i -го до $(i + 1)$ стаціонарного режиму, розраховують за рівнянням:

$$(c\rho)_x = \frac{1}{h} \cdot \left(\int_{\tau_i}^{\tau_{(i+1)}} \frac{q_1 - q_2}{\delta \bar{t}} \cdot d\tau - P_b \right), \quad (7)$$

де P_b — додатковий (баластний) ємнісний опір приладу, величину якого визначають при градуюванні приладу.

Зазначимо, що цей спосіб комплексного визначення ТФХ фактично являє собою поєднання розглянутих раніше способів визначення теплопровідності, з використанням λ -приладу та покровкового сканування теплоємності, але не за температурою, а за густиною теплового потоку, який проходить через дослідний зразок.

Визначення середньої температури \bar{t} зразка продукту за час перехідного режиму, до якої потрібно було б відносити розраховану за рівнянням (7) об'ємну теплоємність

$$\bar{t} = (h \cdot \Delta \tau)^{-1} \int_{\tau_i}^{\tau_{(i+1)}} \int_h t_{(h,\tau)} \cdot dh \cdot d\tau,$$

являє певні труднощі. Тому, припускаючи, що при зміні температури зразка продукту від \bar{t}_i до $\bar{t}_{(i+1)}$ значення $(c\rho)_x$ змінюється лінійно, результат розрахунку за рівнянням (7) відносять до температури розрахованої так:

$\bar{t} = (\bar{t}_{(i+1)} + \bar{t}_i) / 2$. У свою чергу, це приводить до прийняття певних припущень при розрахунку температуропровідності і теплової активності дослідного продукту, а також температури віднесення цих характеристик. Цим може бути пояснена різниця у похибках визначення λ_x продуктів у стаціонарному режимі, які, зазвичай, не перебільшують $\pm 3\%$, та похибок визначення $(cp)_x$ матеріалу з використанням результатів вимірювань у перехідному режимі, які можуть бути удвічі більшими.

У діапазонах температур, де в продукті не відбуваються фазові перетворення його складових з виділенням або поглинанням теплоти, комплексне визначення ТФХ термолабільних матеріалів пропонується здійснювати за результатами вимірювання температури та сигналів ПТП на «гарячій», t_1, e_{1q} , і «холодній», t_2, e_{1q} , поверхнях зразка дослідного продукту товщиною h , при його нагріванні (охолодженні) в регулярному тепловому режимі другого роду (квазістаціонарному тепловому режимі). При цьому розрахунок ТФХ дослідного продукту здійснюється за рівняннями, отриманими в результаті рішення задачі нестационарної теплопровідності при двосторонньому нагріванні пластини у регулярному режимі другого роду, які з урахуванням термічного R_b і емнісного P_b (баластних) опорів приладу, мають вигляд:

$$\lambda_x = h \cdot \left[\frac{2 \cdot (t_1 - t_2)}{(K_q \cdot e_{q1} + K_q \cdot e_{q2})} - R_b \right]^{-1} = h \cdot \left[\frac{2 \cdot \Delta t}{q_1 + q_2} - R_b \right]^{-1} = h \cdot \left[\frac{\Delta t}{\bar{q}} - R_b \right]^{-1}; \quad (8)$$

$$(cp)_x = \frac{1}{h} \cdot \left(\frac{K_q \cdot e_{q1} - K_q \cdot e_{q2}}{(\delta \bar{t} / \Delta \tau)} - P_b \right) = \frac{1}{h} \cdot \left(\frac{q_1 - q_2}{(\delta \bar{t} / \Delta \tau)} - P_b \right) = \frac{1}{h} \cdot \left(\frac{\Delta q}{u_t} - P_b \right); \quad (9)$$

$$a_x = h \cdot \left(\frac{\Delta t}{\bar{q}} - R_b \right)^{-1} \cdot \left(\frac{\Delta q}{u_t} - P_b \right)^{-1}; \quad (10)$$

$$\beta_x = \sqrt{\left(\frac{\Delta q}{u_t} - P_b \right) \cdot \left(\frac{\Delta t}{\bar{q}} - R_b \right)^{-1}}, \quad (11)$$

де \bar{e}_q — середнє значення термо-ЕДС, які генерують ПТП ТФХ-приладу; \bar{q} — середня щільність теплового потоку, який проходить через зразок продукту; $u_t = \delta \bar{t} / \Delta \tau$ — швидкість зміни середньої температури зразка продукту.

При нагріванні (охолодженні) зразка матеріалу в регулярному режимі другого роду швидкість зміни його середньої температури на величину $\delta \bar{t}$ за проміжком часу $\Delta \tau = \tau_i - \tau_0$ від початкової середньої температури $\bar{t}_{\tau_0} = (t_1 + t_2)_{\tau_0} / 2$, на момент часу τ_0 , до середньої температури $\bar{t}_{\tau_i} = (t_1 + t_2)_{\tau_i} / 2$, на момент τ_i розраховують за рівнянням:

$$u_t = \frac{\delta \bar{t}}{\Delta \tau} = \frac{(t_1 + t_2)_{\tau_i} - (t_1 + t_2)_{\tau_0}}{2 \cdot (\tau_i - \tau_0)}. \quad (12)$$

Температуру віднесення ТФХ, визначених у регулярному режимі другого роду розраховують за рівнянням:

$$\bar{t} = \frac{(t_1 + t_2) - (t_1 - t_2) \cdot (q_1 - q_2)}{12 \cdot (q_1 + q_2)}.$$

При нагріванні (охолодженні) у регулярному режимі другого роду густина теплового потоку на «робочих» поверхнях зразка не змінюються у часі, тобто $q_1(\tau) = \text{const}$, $q_2(\tau) = \text{const}$, $q_1(\tau) - q_2(\tau) = \text{const}$. Оскільки при цьому температура (t_1 та t_2) на робочих поверхнях зразка у часі змінюється лінійно, то відповідно: $t_1(\tau) - t_2(\tau) = \Delta t = \text{const}$, $u_t = \text{const}$.

Оскільки протягом переходу від одного стаціонарного режиму до другого кінетика густини теплового потоку на поверхнях зразка залежить від будови теплового блоку приладу, то для визначення ТФХ в умовах, наближених до виробничих процесів термічної обробки продуктів, у складі приладу, крім проточних теплообмінників, можуть бути використані електричний нагрівач, термоелектричний холодильник або термостатована плита.

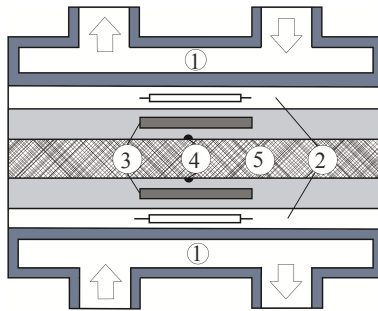


Рис. 5. ТФХ-прилад з комбінованим тепловим блоком

[А.с. № 800845 (СССР). Б.И. 1981, № 4]

Виходячи з цього, для визначення ТФХ термолабільних матеріалів, зокрема харчових продуктів, у регулярному режимі другого роду запропоновано використовувати прилад з комбінованим тепловим блоком.

Такий блок (рис. 5) складається з двох проточних теплообмінників 1 та двох плоских тонких електричних нагрівачів 2 з рівномірно розподіленою по поверхні густиною виділення теплоти, які розташовані між теплообмінниками та плитою вимірювальної комірки приладу з вмонтованими у неї термоелектричними ПТП 3 і ПТ 4.

При визначенні ТФХ у регулярному режимі другого роду в обидва теплообмінники подається енергоносії з однаковою температурою, яка лінійно змінюється у часі. При цьому електричні нагрівачі використовують для створення сталої у часі різниці густини теплового потоку на поверхнях плоского зразку дослідного продукту 5.

З результатів аналізу рівнянь (3)—(11) випливає, що незалежно від виду теплового режиму (стаціонарний, перехідний, регулярний другого роду або будь-який інший), а також будови приладу, всі способи теплотричного

визначення ТФХ матеріалів, у кінцевому рахунку, зводяться до отримання систем складених з рівнянь вигляду:

$$R_m = R_x + R_b, \quad (14)$$

$$P_m = P_x + P_b, \quad (15)$$

де R_m і P_m — термічний і ємнісний опори системи «прилад-зразок»; R_x і P_x — термічний і ємнісний опори зразка дослідного матеріалу; R_b і P_b — баластні термічний і ємнісний опори теплотеметричного ТФХ-приладу.

Особливість тут полягає у тому, що при визначенні теплопровідності матеріалів з використанням теплотеметричних λ -приладів, систему складають з рівнянь вигляду (14), при визначенні об'ємної теплоємності — з рівнянь вигляду (15), при комплексному визначенні ТФХ матеріалів — з рівнянь вигляду (14) і (15). Разом з тим методики отримання та вирішення відповідних систем рівнянь відносно R_x та P_x , а в кінцевому рахунку відносно складових цих опорів — теплопровідності та об'ємної теплоємності дослідного матеріалу, можуть бути різними.

Так, при дослідженні ТФХ плоского зразка матеріалу в квазістаціонарному тепловому режимі термічний опір системи «прилад-зразок» розраховують за результатами вимірювання різниці Δt , між температурами t_1 та t_2 робочих поверхонь зразка і визначення середньої густини теплового потоку \bar{q} , який проходить крізь зразок дослідного матеріалу, як середньо арифметичне густини теплового потоку q_1 та q_2 на робочих поверхнях дослідного зразка.

Відповідно до (1), q_1 та q_2 розраховують за результатами вимірювання термо-ЕДС e_{q1} та e_{q2} , які генерують ПТП ТФХ-приладу та з використанням попередньо визначеного значення робочого коефіцієнта K_q цих ПТП. Звідси рівняння розрахунку термічного опору системи «прилад-зразок» може бути записане так:

$$R_m = \frac{2 \cdot \Delta t}{K_q \cdot (e_{q1} + e_{q2})} = \frac{\Delta t}{K_q \cdot \bar{e}_q} = \frac{2 \cdot \Delta t}{q_1 + q_2} = \frac{\Delta t}{\bar{q}}. \quad (16)$$

Термічний опір R_x плоского зразка дослідного матеріалу та баластний термічний опір R_b ТФХ-приладу розглядаються як відношення товщини h_x зразка до коефіцієнта теплопровідності λ_x матеріалу:

$$R_x = h / \lambda_x, \quad (17)$$

та деякої ефективної товщини h_{Rb} баластного шару приладу до ефективної теплопровідності λ_b цього шару:

$$R_b = h_{Rb} / \lambda_b. \quad (18)$$

Під ефективною товщиною баластного шару, зазвичай, розуміють товщину електричної ізоляції термоелектричних елементів перетворювачів температури й теплового потоку ТФХ-приладу від поверхні зразка дослідного матеріалу. Але у загальному випадку це не зовсім так, оскільки термічні опори передачі теплоти від робочої поверхні комірки ТФХ-приладу до зразка

матеріалу та навпаки, інакше кажучи контактний термічний опір на практиці є складовою загального баластного термічного опору ТФХ-приладу.

Ємнісний опір системи «прилад-зразок» визначають як відношення різниці густини теплового потоку Δq на робочих поверхнях зразка дослідного матеріалу до швидкості зміни u_t середньої температури зразка за певний проміжок часу при нагріванні (охолодженні) зразка у регулярному режимі другого роду.

Швидкість зміни u_t середньої температури зразка розраховують за рівнянням (10). Оскільки густини теплового потоку q_1 і q_2 на робочих поверхнях зразка матеріалу та їх різницю Δq визначають за результатами вимірювання термо-ЕДС e_1 та e_2 , які генерують ПТП ТФХ-приладу чи безпосередньо різницю Δe_q цих термо-ЕДС, то з використанням попередньо визначеного значення робочого коефіцієнта K_q цих ПТП, рівняння розрахунку ємнісного опору системи «прилад-зразок» може бути записане так:

$$P_m = \frac{K_q \cdot (e_1 - e_2)}{u_t} = \frac{q_1 - q_2}{u_t} = \frac{\Delta q}{u_t}; \quad (19)$$

Ємнісний опір зразка дослідного матеріалу P_x та баластний ємнісний опір P_b ТФХ-приладу розглядають, відповідно, як добуток об'ємної теплоємності $(\rho c)_x$ дослідного матеріалу на товщину h_x зразка та ефективної об'ємної теплоємності $(\rho c)_b$ баластного шару на деяку ефективну товщину h_{pb} цього шару:

$$P_x = (\rho c)_x \cdot h, \quad (20)$$

$$P_b = (\rho c)_b \cdot h_{pb}. \quad (21)$$

Фізичні величини, які утворюють складові рівнянь (14) та (15), можна розділити на три групи.

До першої з цих груп віднесемо шукані величини, так звані основні ТФХ — теплопровідність λ_x та об'ємну теплоємність $(\rho c)_x$ дослідних матеріалів. Незважаючи на те, що безпосередньо вони не входять до переліку величин, які утворюють складові рівнянь (14) та (15), до цієї ж групи додамо так звані похідні ТФХ — температуропровідність $a_x = \lambda_x / (\rho c)_x$ і теплову активність $\beta_x = \sqrt{(\lambda \rho c)_x}$. Зазначимо, що, окрім досконалості способу визначення ТФХ, точність розрахунку всіх величин першої групи значною мірою залежить від точності вимірювання фізичних величин, які утворюють інші дві групи.

У другу групу включимо величини, які вимірюють в процесі дослідження ТФХ матеріалів, а саме: h — товщина зразка дослідного матеріалу; e_{1q} та e_{2q} — термо-ЕДС, які генерують ПТП приладу в процесі дослідження, а також різницю Δe_q і середнє значення $\bar{e}_q = (e_{1q} + e_{2q}) / 2$ цих ЕДС; t_1 і t_2 — температуру на робочих поверхнях зразка дослідного матеріалу, а також різницю Δt цих температур, швидкість зміни u_t середньої $\bar{t} = (t_1 + t_2) / 2$ температури зразка дослідного матеріалу. Зазначимо, що у загальному випадку точність вимірювання величин цієї групи залежить від досконалості комплексу вторинної вимірювальної апаратури, а також засобів організації і підтримання у ТФХ-приладі потрібного теплового режиму.

Третю групу складатимуть так звані МХ ТФХ-приладу. Сюди віднесемо: K_q — робочий коефіцієнт ПТП приладу, що визначає пропорційність між термо-ЕДС, яку генерує ПТП, та густиною теплового потоку, що приходить крізь ПТП; R_b і P_b — відповідно, баластний термічний і баластний ємнісний опори ТФХ-приладу.

До названих характеристик ТФХ-приладу можна додати складові R_b та P_b — відповідно, теплопровідність λ_b і товщину $h_{\lambda b}$ баластного шару термічного опору, об'ємну теплоємність $(c\rho)_b$ і товщину h_{Pb} шару баластного ємнісного опору, а також температуропровідність a_b і теплову активність $\beta_b = \sqrt{(\lambda c\rho)_b}$ баластних шарів. При цьому відмітимо, що нам не відома жодна методика дослідження ТФХ матеріалів, для реалізації якої передбачалось би наявність інформації щодо значень λ_b , $h_{\lambda b}$, $(c\rho)_b$, h_{Pb} , a_b та β_b баластних шарів.

З результатів аналізу рівнянь (14) і (15) випливає, що для їх вирішення відносно R_x , P_x та подальшого розрахунку теплопровідності $\lambda_x = h/R_x$ та об'ємної теплоємності $(c\rho)_x = P_x/h$ дослідного матеріалу, потрібно попередньо визначити МХ ТФХ-приладу, а саме: K_q , R_b та P_b .

У результаті підстановки у рівняння (14) і (15) виразів R_m , R_x , P_m і P_x , із (16), (17), (19) і (20) та перетворення одержимо вирази:

$$\frac{\Delta t}{\bar{e}_q} = K_q \cdot \frac{h}{\lambda_x} + K_q \cdot R_b; \quad (22)$$

$$\frac{\Delta e_q}{u_t} = \frac{(c\rho)_x \cdot h}{K_q} + \frac{P_b}{K_q}. \quad (23)$$

З результатів аналізу рівнянь (22) і (23) випливає, що K_q — робочий коефіцієнт ПТП, є спільною складовою двох груп МХ (K_q , R_b та K_q , P_b) приладу, необхідних для визначення λ_x і $(c\rho)_x$ дослідного матеріалу.

Раніше було вказано, що для отримання значення робочого коефіцієнта ПТП ТФХ-приладу потрібні спеціальні стенди. При цьому для визначенням баластних опорів приладів вживають принципово інші заходи, які можна поділити на дві групи — де з метою вирішення питань, пов'язаних з баластними опорами, розробляють спеціальні методики і прилади дослідження ТФХ матеріалів та визначення баластних з використанням робочих еталонів.

Так, у разі використання двокоміркового ТФХ-приладу (рис. 4) для визначення ТФХ зразків матеріалу взагалі відпадає необхідність в інформації про значення баластних опорів такого приладу.

Оскільки в проточні теплообмінники приладу подається енергоносій з однаковою температурою t_2 , яка нижча за температуру t_1 електричного нагрівача, то в стаціонарному тепловому режимі обидва зразки товщиною $h_1 \neq h_2$, мають однакову середню температуру $\bar{t} = (t_1 + t_2) / 2$, до якої відносять результати розрахунку теплопровідності матеріалу за формулою:

$$\lambda_x = \frac{\bar{q}_1 \cdot \bar{q}_2 \cdot (h_1 - h_2)}{(t_1 - t_2) \cdot (\bar{q}_1 - \bar{q}_2)}, \quad (21)$$

де \bar{q}_1 та \bar{q}_2 — відповідно, щільність теплового потоку, який проходить через зразок товщиною h_1 та h_2 .

Для визначення об'ємної теплоємності матеріалу вимірюють кількості теплоти, Q_1 та Q_2 , яку зразки накопичують (віддають) у перехідному режимі від одного стаціонарного режиму до другого внаслідок збільшення (зменшення) їх середньої температури на величину $\delta\bar{t}$ і розраховують за формулою:

$$(c_p)_x = \frac{Q_1 - Q_2}{(h_1 - h_2) \cdot \delta\bar{t}}. \quad (22)$$

Якщо прилад сканування теплоємності за температурою зразка дослідного матеріалу (рис. 3) частково, то прилад-компаратор у повній мірі є ланкою, яка поєднує між собою дві виділені вище групи заходів стосовно визначення баластних опорів приладів. Будова чотирьох комірковийого теплотричного приладу-компаратора (рис. 6) дає змогу визначати λ_x , $(c_p)_x$, a_x та β_x дослідного матеріалу винятково за результатами вимірювання термо-ЕДС, які генерують ПТП приладу, тобто без використання даних стосовно значень баластних опорів і навидь робочого коефіцієнта ПТП приладу.

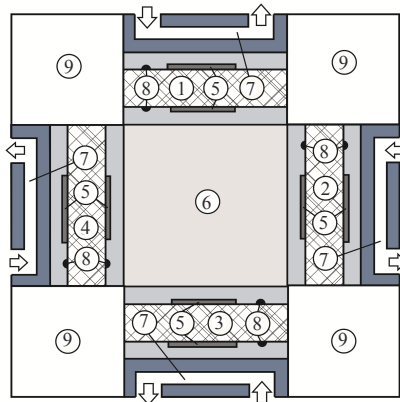


Рис. 6. Теплотричний компаратор для комплексного визначення ТФХ матеріалів
[А.с. № 1545148 (СССР) Б.И., 1990, № 7]

Цей прилад являє собою сукупність чотирьох однакових приладів для комплексного визначення ТФХ матеріалів, у вимірювальних комірках яких 1, 2 та 3, 4, розміщують, відповідно, два плоских зразки дослідного матеріалу, різної товщини ($h_1 - h_2 = \Delta h$) та два зразки еталонного матеріалу також різної товщини ($h_{s3} - h_{s4} = \Delta h_s$). Подібно до ТФХ-приладу, кожна вимірювальна комірка компаратора містить два ПТП 5 та два ПТ 6, які розміщені на робочих поверхнях нагрівача 7 та чотирьох об'єднаних між собою за енергоносієм, проточних теплообмінників 8. Між собою вимірювальні комірки компаратора розділені тепло- вологоізолюючими вкладишами 9.

При нагрівання (охолодженні) зразків дослідного і еталонного матеріалів у квазістаціонарному тепловому режимі вимірюють суму (Σ) і різницю (Δ) термо-ЕРС: Σe_{x1} , Δe_{x1} , Σe_{x2} , Δe_{x2} , які генерують ПТП, що розташовані у комірках 1 і 2, зі зразками дослідного матеріалу, та термо-ЕРС: Σe_{s3} , Δe_{s3} , Σe_{s4} , Δe_{s4} , які генерують, ПТП, що розташовані комірках 3 і 4 з еталонним матеріалом. За результатами цих вимірювань розраховують ТФХ дослідного матеріалу за формулами:

$$\lambda_x = \lambda_s \cdot \frac{\Delta h}{\Delta h_s} \cdot \frac{(\Sigma e_{s3})^{-1} - (\Sigma e_{s4})^{-1}}{(\Sigma e_{x1})^{-1} - (\Sigma e_{x2})^{-1}}; \quad (35)$$

$$(\text{ср})_x = (\text{ср})_s \cdot \frac{\Delta h_s}{\Delta h} \cdot \frac{\Delta e_{x1} - \Delta e_{x2}}{\Delta e_{s3} - \Delta e_{s4}}; \quad (36)$$

$$a_x = \frac{\lambda_s}{(\text{ср})_s} \cdot \frac{\Delta h^2}{\Delta h_s^2} \cdot \frac{(\Sigma e_{s3})^{-1} - (\Sigma e_{s4})^{-1}}{(\Sigma e_{x1})^{-1} - (\Sigma e_{x2})^{-1}} \cdot \frac{\Delta e_{s3} - \Delta e_{s4}}{\Delta e_{x1} - \Delta e_{x2}}; \quad (37)$$

$$\beta_x = \sqrt{\lambda_s \cdot (\text{ср})_s \cdot \frac{(\Sigma e_{s3})^{-1} - (\Sigma e_{s4})^{-1}}{(\Sigma e_{x1})^{-1} - (\Sigma e_{x2})^{-1}} \cdot \frac{\Delta e_{x1} - \Delta e_{x2}}{\Delta e_{s3} - \Delta e_{s4}}}. \quad (38)$$

Температуру віднесення характеристик визначають як середньо арифметичне за показами ПТ.

Використання робочих еталонів для градування різноманітних пристроїв і приладів є доволі поширеним явищем. Так, МХ — робочий коефіцієнт ПТП, баластні термічний та ємнісний опори, приладу комплексного визначення ТФХ матеріалів, можуть бути визначені за результатами двох дослідів з еталонним (s) матеріалом, який має теплопровідність λ_s і об'ємну теплоємність $(\text{ср})_s$. За результатами дослідів зі зразками товщиною $h_{s1} \neq h_{s2}$, тобто зі зразками, які відрізняються між собою за величинами, відповідно, термічних $R_{s1} \neq R_{s2}$ та ємнісних $P_{s1} \neq P_{s2}$ опорів з (14), (15) отримуємо системи рівнянь:

$$\begin{cases} \left(\frac{\Delta t}{\bar{e}_q} \right)_1 = \frac{K_q}{\lambda_s} \cdot h_{s1} + K_q \cdot R_b = K_q \cdot R_{s1} + K_q \cdot R_b \\ \left(\frac{\Delta t}{\bar{e}_q} \right)_2 = \frac{K_q}{\lambda_s} \cdot h_{s2} + K_q \cdot R_b = K_q \cdot R_{s2} + K_q \cdot R_b \end{cases}; \quad (24)$$

$$\begin{cases} \left(\frac{\Delta e_q}{u_t} \right)_1 = \frac{(\text{ср})_s}{K_q} \cdot h_{s1} + \frac{P_b}{K_q} = \frac{P_{s1}}{K_q} + \frac{P_b}{K_q} \\ \left(\frac{\Delta e_q}{u_t} \right)_2 = \frac{(\text{ср})_s}{K_q} \cdot h_{s2} + \frac{P_b}{K_q} = \frac{P_{s2}}{K_q} + \frac{P_b}{K_q} \end{cases}; \quad (25)$$

в результаті рішення яких відносно K_q маємо:

$$\begin{aligned} K_q &= \frac{\lambda_s}{h_{s1} - h_{s2}} \cdot \left[\left(\frac{\Delta t}{\bar{e}_q} \right)_1 - \left(\frac{\Delta t}{\bar{e}_q} \right)_2 \right] = (R_{s1} - R_{s2})^{-1} \cdot \left[\left(\frac{\Delta t}{\bar{e}_q} \right)_1 - \left(\frac{\Delta t}{\bar{e}_q} \right)_2 \right] = \\ &= (\text{ср})_s \cdot (h_{s1} - h_{s2}) \cdot \left[\left(\frac{\Delta e_q}{u_t} \right)_1 - \left(\frac{\Delta e_q}{u_t} \right)_2 \right]^{-1} = (P_{s1} - P_{s2}) \cdot \left[\left(\frac{\Delta e_q}{u_t} \right)_1 - \left(\frac{\Delta e_q}{u_t} \right)_2 \right]^{-1}. \end{aligned} \quad (26)$$

При відомому значенні K_q , з рівнянь, що утворюють системи (24) та (25), одержуємо формули розрахунку баластних термічного та ємнісного опорів ТФХ-приладу:

$$R_b = K_q^{-1} \cdot \left(\frac{\Delta t}{\bar{e}_q} \right)_1 - R_{s1} = K_q^{-1} \cdot \left(\frac{\Delta t}{\bar{e}_q} \right)_2 - R_{s2}; \quad (27)$$

$$P_b = K_q \cdot \left(\frac{\Delta e_q}{u_t} \right)_2 - P_{s1} = K_q \cdot \left(\frac{\Delta e_q}{u_t} \right)_1 - P_{s2}. \quad (28)$$

Зазначимо, що модифікацією цього способу визначення K_q , R_b та P_b ТФХ-приладу є використання зразків з двох еталонних матеріалів, тобто також при $R_{s1} \neq R_{s2}$ та $P_{s1} \neq P_{s2}$.

Незважаючи на задовільне обґрунтування та відносну простоту реалізації наведених вище способів вимірювання ТФХ, точність визначення МХ теплометричних приладів, і, як наслідок, точність комплексного дослідження ТФХ матеріалів з використанням цих приладів, бажає бути кращою. Аргументуємо це.

По-перше, при визначенні МХ ТФХ-приладів як еталонний матеріал найчастіше використовують гліцерин, органічне, кварцове скло та ряд інших матеріалів [3]. Водночас потрібно враховувати, що ТФХ цих і будь-яких інших матеріалів, у тому числі й тих, які використовуються як еталони, визначені з певними похибками, що не може не відобразитися у подальшому на точності визначення ТФХ дослідних матеріалів.

По-друге, контактні термічні, а також контактні ємнісні опори різних еталонних матеріалів з робочими поверхнями ТФХ-приладу, можуть, відповідно, відрізнитися між собою за величиною. Оскільки ці опори є складовою баластних опорів приладу, то залежно від виду еталонного матеріалу існує ймовірність отримати відмінні за значеннями баластні термічні та баластні ємнісні опори приладу, і, в результаті, хибні дані про ТФХ дослідних матеріалів.

Очевидно, що для мінімізації контактних термічного та ємнісного опорів зразків еталонних матеріалів з робочими поверхнями ТФХ-приладу, а також для запобігання зміни цих опорів у процесі проведення експериментів можуть бути вжиті певні заходи, але це не означає, що в результаті буде досягнута максимальна близькість контактних, а отже, баластних опорів приладу до тих, що будуть мати місце при дослідженні ТФХ різноманітних матеріалів.

По-третє, оскільки робочий коефіцієнт ПТП ТФХ-приладу є ланкою, яка з'єднує між собою баластні термічний та ємнісний опори, теплопровідність та об'ємну теплоємність дослідного матеріалу, то точність визначення K_q значною мірою впливає на похибки визначення названих величин. Оскільки це так, то має бути справедливим і зворотне: значення K_q , отримане з використанням даних стосовно R_b і P_b , є справедливим тільки для конкретної системи контактних і баластних опорів, яка, у свою чергу, може відрізнитися від подібних систем, що мають місце при дослідженні ТФХ різноманітних матеріалів.

По-четверте, було зазначено, що, крім як за результатами дослідів з еталонними матеріалами, робочий коефіцієнт ПТП ТФХ-приладу може бути визначений з використанням спеціальних стендів. Відповідно до способу підводу енергії до ПТП і будови цих стендів, значення K_q ПТП розраховують за результатами показів зразкового тепломіра або за результатами вимірю-

вання потужності електричного нагрівача. У першому випадку, в процесі градування ПТП приладу і зразковий тепломір знаходяться у неоднакових умовах, що може відобразитися на точності отриманих даних стосовно значення K_q ПТП приладу. У другому випадку, оскільки контактні опори ПТП приладу з нагрівачем та ПТП з дослідними матеріалами відрізняються між собою за величиною, можна отримати значну похибку визначення баластних опорів приладу і далі, ТФХ матеріалів.

По-п'яте, відмітимо, що з систем рівнянь, за якими вираховують МХ приладу та ТФХ дослідних матеріалів, у явній формі не впливає, що K_q є винятково коефіцієнтом пропорційності між сигналом ПТП ТФХ-приладу та густиною теплового потоку, який проходить крізь цей ПТП. Так, наприклад, перед вимірюванням термо-ЕДС, яку генерує ПТП внаслідок проходження крізь нього теплового потоку, з використанням певних засобів, заходів і, головне, певних обставин, сигнал ПТП може бути підсилений або навпаки послаблений.

По-шосте, з результатів аналізу наведених способів визначення МХ приладу комплексного дослідження ТФХ матеріалів і досвіду їх реалізації на практиці впливає, що за своїми значеннями МХ приладу пов'язані між собою і у разі визначення однієї з них з певною похибкою, точність визначення інших характеристик приладу та характеристик дослідного матеріалу може бути конче незадовільною. Зазначимо, що зміна значення однієї з МХ приладу в процесі дослідження ТФХ матеріалу може викликати зміну значень інших МХ, що в результаті обумовить отримання недостовірної інформації про значення характеристик дослідного матеріалу.

Висновки

1. В абсолютній більшості існуючі методики комплексного дослідження ТФХ матеріалів передбачають попереднє проведення експериментів з визначення метрологічних характеристик приладу.

2. Для визначення метрологічних характеристик ТФХ-приладів найбільш поширеним і одночасно одним із найпростіших у реалізації є спосіб, де характеристики приладу визначаються за результатами дослідів з еталонними матеріалами, основним недоліком якого є саме використання еталонного матеріалу.

3. Для підвищення точності результатів комплексного визначення ТФХ матеріалів необхідно всі метрологічні характеристики приладу визначати за результатами експериментів з дослідним матеріалом, а не з еталонним. Тобто відносно ТФХ-приладу зразок дослідного матеріалу одночасно має бути еталонним матеріалом.

Література

- 1.Теплометрия: теория, метрология, практика : монография в трех частях. Кн. 1: Методы и средства измерения теплового потока / под ред. Т.Г. Грищенко. Київ : ИТТФ НАН Украины, 2017. 438 с.
- 2.Зайцева Г.Т., Горпинко Т.М. Технология изготовления борошняных кондитерских виробів: підруч. Київ: Вікторія, 2002. 400 с.
- 3.Bhagwat S, Haytowitz DB & Holden JM (2008) U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA) dataset for the Isoflavone Content of Selected Foods,

Release 2.0. Nutrient Data. Available at: http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/1-2354500/Data/isoflav/Isoflav_R2.pdf

4. Liley P.E., Steam Tables in SI Units, private communication, School of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN, March, 1984.

5. Lemmon E.W., McLinden M.O., and Huber M.L., NIST Standard Reference Database 23: Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, Version 7.0 National Institute of Standards and Technology, Standard Reference Data Program, Gaithersburg, 2002.

6. Vargaftik, N.B., Tables of Thermophysical Properties of Liquids and Gases, 2nd ed., Hemisphere Publishing, New York, 1975.

7. Touloukian, Y.S., and C.Y. Ho, Eds., Thermophysical Properties of Matter, Vol. 1, Thermal Conductivity of Metallic Solids; Vol. 2, Thermal Conductivity of Nonmetallic Solids; Vol. 4, Specific Heat of Metallic Solids; Vol. 5, Specific Heat of Nonmetallic Solids; Vol. 7, Thermal Radiative Properties of Metallic Solids; Vol. 8, Thermal Radiative Properties of Nonmetallic Solids; Vol. 9, Thermal Radiative Properties of Coatings, Plenum Press, New York, 1972.

8. Holland, B., A.A. Welch, I.D. Unwin, D.H. Buss, A.A. Paul, and D.A.T. Southgate. 1991. *McCance and Widdowson's—The composition of foods*. Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Cambridge, U.K.

9. USDA. 1996. *Nutrient database for standard reference*, release 11. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C 19.

10. ASHRAE 2006 Handbook Full description Available at: <https://ru.scribd.com/document/255723408/ASHRAE-2006-Handbook>.

11. Уэндландт У. Термические методы анализа : перевод с англ. Москва: «Мир», 1978. 526 с.

12. Hatakeyama, T. and Liu, Z.: Handbook of Thermal Analysis. John Wiley — 1999.

13. Теплофизические характеристики пищевых продуктов и материалов / А.С. Гинзбурга та др. ; под ред. А.С. Гинзбурга. Москва : Пищевая промышленность, 1975. 224 с.

14. Характеристики капиллярно-пористых материалов: учебн. пособ. / С.А. Вишенский и др. Киев : Выща шк. Головное изд-во, 1988. 168 с.

15. Осипова В.А. Экспериментальные исследование процессов тепломассобмена : учеб. пособ.: Москва: Энергия, 1979, 320 с.

16. Теоретические основы теплофизики. Теплотехнический эксперимент : Справочник / под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина 2-е изд., перераб. : Москва : Энергоатомиздат, 1988. 560 с.

17. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / под. ред. А.В. Горбатова. Москва: Легкая пром-сть, 1982. 296 с.

18. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов: Ленинград, 1974. 264 с.

19. Incropera F.P., DeWitt D.P., Bergman T.L., and Lavine A.S.: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, John Wiley & Sons, 6th Edn., 2007

20. Eckert E.R.G., and Drake R.M., Analysis of Heat and Mass Transfer, McGraw-Hill, New York, 1972.

21. Geankoplis C.J., Mass Transport Phenomena, Holt, Rinehart & Winston, New York, 1972.

22. Платунов Е.С., Буравой С.Е., Курепин В.В., Петров Г.С. Теплофизические измерения и приборы: книга / под общ. ред. Е.С. Платунова. Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. 256 с.

23. Геращенко О.А. Основы теплотрии : Київ : Наукова думка, 1971. 192 с.

24. ДСТУ 3756-98 (ГОСТ 30619-98). Енергозбереження. Перетворювачі теплового потоку термоелектричні загального призначення. Загальні технічні умови. [Чинний від 2000-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 1999. 54 с.

25. Шашков А.Г., Волохов Г.М., Абраменко Т.Н., Козлов В.П. Методы определения теплопроводности и температуропроводности : Москва : Энергия, 1973. 336 с.

26. Панов С.М., Шилович Т.Б. Визначення теплопровідності твердих тіл за допомогою приладу ИТ-λ-400 : Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 30 с.

27. Бузова З., Воробйов Л., Декуша Л., Декуша О. Установка для вимірювання коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів ИТ-7С. *Метрологія та прилади*. 2009. № 6. С. 9—15.
28. HFM 436 Lambda — Heat flow meter/ URL: <http://www.netzsch-thermal-analysis>.
29. Анатычук Л.И., Лусте О.Я. Микрокалориметрия : Львов : Вища школа изд-во при Львов. ун-те, 1981. 159 с.
30. Декуша О.Л., Воробьев Л.И. Измерение теплоемкости методом пошагового сканирования при одновременном сравнении с эталонным образцом. *Український метрологічний журнал*. 2016. № 4. С. 48—51.
31. Температурные измерения: Справочник / О.А. Геращенко и др.; отв.ред. О.А. Геращенко. Киев : Наук. думка, 1989. 704 с.
32. ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99). Будівельні матеріали. Метод визначення теплопровідності та теплового опору при стаціонарному тепловому режимі. [Замість ГОСТ 7076-87: чинний від 2001-07-04]. Вид. офіц. Київ : Держбуд України, 2001. 21с.
33. Instrument Line / LaserComp [Electronic resource]. — Mode of access: <http://www.lasercomp.com/product/default.php>. — Title from the screen.
34. ДСТУ ISO 11357—4:2010. Пластмаси. Диференційна сканувальна калориметрія. Частина 4. Визначення питомої теплоємності. (ISO 4:2005, IDT). Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт, 2011. 12 с.
35. DIN 53765, Testing of plastics and elastomers; thermal analysis, DSC method, Deutsches Institut für Normung / German Institute for Standardization
36. ISO 11357-4 Plastics: Differential Scanning Calorimetry (DSC)-Determination of Specific Heat Capacity Available from American National Standards Institute (ANSI),
37. JIS K 7123 Japanese Standards Association, Testing methods for specific heat capacity of plastics (Токуо: Japanese Standards Association, 1987)
38. ДСТУ ISO 8301:2007. Теплоізоляція. Визначення теплового опору та пов'язаних з ним характеристик в усталеному режимі із перетворювачем теплового потоку (ISO 8301: 1991, IDT). [Чинний від 2009-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 45 с.
39. МИ 2590-2008. Государственная система обеспечения единства измерений. Эталонные материалы: Каталог 2008—2009: Санк-Петербург: ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», 2008. С. 10.

TRANSPORT OF THE DIRAC QUASIELECTRONS THROUGH THE STEP-LIKE POTENTIAL BARRIER IN THE 3D TOPOLOGICAL INSULATOR

A. Korol, N. Medvid, I. Hutsalo, V. Isai
National University of Food Technologies

Key words:

Graphene
Nanostructures
Fermi velocity
Dirac-Weyl equation
Transmission coefficient

Article history:

Received 15.01.2019
Received in revised form
30.01.2019
Accepted 13.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The object of our investigation is the modern nanostructure which consists of the topological insulators — the material that is widely studied in recent years.

The coefficient of transmission of quasielectrons as a function of their energy is calculated for the given structure. The equation of Dirac type with the relevant Hamiltonian is solved for this purpose. The transmission coefficient is found with the help of matching of the own functions at the interface of two insulators. When evaluating and analyzing the results of this work we take into account the effect of the external electrostatic and magnetic potentials resulting in that one of the topological insulators serves as a step-like barrier. The Landau gauge is used when we take into account the magnetic field. The electrostatic and the magnetic field are both homogeneous, that is the barrier is the rectangular one.

It is shown that the considered junction is not the resonant — tunneling structure. The transmission spectra, i. e. the dependence of T on an angle of incidence of quasielectrons on the junction φ and on energy E depend on the quantity $\alpha = v_2 / v_1$ essentially, where v_1, v_2 — Fermi velocities in the first and the second insulators respectively. For values $\alpha > 1$, the range of incidence angles φ for which the quantity T has large enough values is limited and strongly depends on the particles energy. There is so called critical angle φ_c in the spectra, that is the angle for which the electrons that fall on the junction at angles $\varphi > \varphi_c$ cannot penetrate through the barrier, and $T(\varphi > \varphi_c) = 0$.

At the energy range which is close to the electrostatic barrier ceiling, the gap is observed and its value grows rapidly with the angle φ enlargement. The magnetic field (the magnetic barrier) leads to the asymmetry of the spectra with respect to the zero angle of incidence. Also, the change of the incidence angle values as well as the lessening of the transmission rates absolute values takes place.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-16

ТРАНСПОРТ КВАЗІЕЛЕКТРОНІВ ДІРАКА КРІЗЬ СХОДИНКОПОДІБНИЙ ПОТЕНЦІАЛЬНИЙ БАР'ЄР У 3D ТОПОЛОГІЧНОМУ ІЗОЛЯТОРІ

А.М. Король, Н.В. Медвідь, І.В. Гуцало, В.М. Ісай
Національний університет харчових технологій

Об'єктом дослідження є сучасна наноструктура, яка складена із топологічних ізоляторів — матеріалу, що активно вивчається останніми роками.

Розраховано коефіцієнт трансмісії T квазіелектронів у сучасній наноструктурі залежно від їхньої енергії. Для цього розв'язується рівняння діраківського типу з відповідним гамільтоніаном. Коефіцієнт трансмісії знаходиться за допомогою зшивання власних функцій на межі розділу топологічних ізоляторів. У розрахунках і аналізі враховується дія на контакт зовнішніх електростатичного та магнітного потенціалів, в результаті чого один із топологічних ізоляторів являє собою сходиноподібний потенціальний бар'єр. При врахуванні дії магнітного поля використано калібрування Ландау. Електростатичне і магнітне поля вважаються однорідними, тобто бар'єр є прямокутним.

Показано, що розглядуваний контакт не є тунельно-резонансною структурою. Спектри трансмісії, тобто залежності коефіцієнта T від кута падіння квазіелектронів на контакт та від енергії істотно залежать від величини $\alpha = v_2 / v_1$, де v_1, v_2 — швидкості Фермі в першому і другому ізоляторах. Для значень $\alpha > 1$ область кутів падіння φ , для яких величина T має досить великі значення, є обмеженою і сильно залежить від енергії частинок. У спектрах існує так званий критичний кут φ_c , такий що для квазіелектронів, які падають на контакт під кутами $\varphi > \varphi_c$ бар'єр є абсолютно непроникним, тобто $T(\varphi > \varphi_c) = 0$.

В області енергій, що близькі до межі електростатичного бар'єра, в спектрах спостерігається заборонена зона, величина якої різко зростає із збільшенням кута падіння φ . Магнітне поле (магнітний бар'єр) приводить до асиметрії в спектрах $T(\varphi)$ відносно нульового кута падіння. Також під впливом магнітного поля відбувається зміна значень критичних кутів падіння та зменшення абсолютних значень коефіцієнта трансмісії.

Ключові слова: графен, наноструктури, швидкість Фермі, рівняння Дірака-Вейля, коефіцієнт трансмісії.

Постановка проблеми. Топологічні ізолятори (ТІ) являють собою новий клас речовин, які активно вивчаються протягом останніх років, і їхні нетривіальні властивості привертають до себе пильну увагу дослідників [1—9]. Найважливішою характеристикою ТІ є те, що вони є ізоляторами у своєму об'ємі, але здатні проводити електричний струм на своїй поверхні. Їхні поверх-

неві стани за умови низьких енергій описуються безмасовим рівнянням діраківського типу, аналогічним до рівняння для квазіелектронів у графені. Закон дисперсії в цьому разі, як відомо, являє собою конус у тривимірному випадку. Деякі властивості поверхневих станів ТІ виражаються в термінах топологічно інваріантних величин і, що вельми важливо, захищені від впливу різного роду збурень завдяки симетрії інверсії часу у відповідному гамільтоніані. Саме через цю обставину до транспортних властивостей ТІ прикута особлива увага.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Квазіелектрони в ТІ виявляють сильну спин-орбітальну взаємодію. Напрямки лінійного квазіімпульсу і спіну кутового квазіімпульсу пов'язані між собою, лежать у площині поверхні і перпендикулярні один до одного. Є два класи топологічних ізоляторів: дво- і тривимірні ТІ. Перші з них називають також квант-спіновими холівськими діелектриками, і вони можуть реалізуватись у квантових ямах сполук Hg Cd Te. Тривимірні (3D) ТІ представлені сполуками вісмуту: Bi_2Se_3 , Bi_2Te_3 і подібними матеріалами.

Останнім часом значна увага приділялась вивченню транспортних властивостей у контактних системах, однією із складових яких є ТІ [6—9]. Найпростіша структура представлена планарним контактом двох різних ТІ. Адже швидкості Фермі в різних ТІ мають неоднакові значення, що може істотно вплинути на провідність системи. Імовірність цього тим більша, що в графенових структурах, подібних до структур, складених із ТІ, вплив швидкості Фермі на їх електrofізичні властивості є вельми істотним [10].

Мета дослідження: теоретично проаналізувати особливості транспорту релятивістських квазіелектронів Дірака в планарному контакті двох ТІ з урахуванням можливості існування як електростатичного, так і магнітного сходинокподібного бар'єру, а також бар'єрів швидкості Фермі.

Викладення основних результатів дослідження. Розглянемо квантову структуру, яка складається з двох топологічних ізоляторів ТІ1 і ТІ2, що межують між собою по лінії розподілу $z = 0$. Матеріал ТІ2 розміщений в області $z > 0$ і має швидкість Фермі v_2 . В області $z > 0$ є потенціальний бар'єр електростатичної або магнітної природи (або подвійної). Вважаємо, що відповідні поля в області $z > 0$ є однорідними; згідно з калібруванням Ландау, значення векторного потенціалу A_x є однаковим вздовж осі Oz . Тож область $z > 0$ можна вважати сходинокподібним бар'єром. Квазіелектронна хвиля падає на ТІ1 і, здолавши межу розділу ТІ1—ТІ2, рухається в бар'єрній області $z > 0$.

Гамільтоніан системи можна записати у такому вигляді:

$$H = \begin{pmatrix} V & k_x + A_x + ik_z \\ k_x + A_x - ik_z & V \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де V — висота електростатичного бар'єру; A_x — значення векторного потенціалу вздовж осі Ox , k_x і k_z — складові квазіімпульсу електронів по осях Ox і Oz відповідно.

Хвильові функції, які задовольняють гамільтоніан (1), є спінорами другого порядку і мають вигляд:

$$\Psi_{in}(x, z) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{ik(x \sin \varphi + z \cos \varphi)} \begin{pmatrix} 1 \\ e^{-i\varphi} \end{pmatrix}$$

$$\Psi_r(x, z) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{ik(x \sin \varphi - z \cos \varphi)} \begin{pmatrix} 1 \\ e^{-i\varphi} \end{pmatrix}, z < 0 \quad (2)$$

$$\Psi_t(x, z) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{iq(x \sin \theta + z \cos \theta)} \begin{pmatrix} 1 \\ e^{-i\theta} \end{pmatrix}, z > 0,$$

де φ, θ — кути падіння і заломлення електронної хвилі відповідно; k і q — квазіімпульси в областях Т1 і Т2 відповідно.

Із закону неперервності струму випливає така гранична умова для хвильових функцій:

$$\sqrt{\mathfrak{G}_1} [\psi_{in}(x, z = 0^-) + \psi_r(x, z = 0^-)] = \sqrt{\mathfrak{G}_2} \psi_t(x, z = 0^+). \quad (3)$$

Використовуючи цю граничну умову для коефіцієнта трансмісії квазіелектронів крізь систему, що розглядається, одержимо вираз:

$$T = \frac{\cos \varphi \cos \theta}{\cos \frac{\varphi + \theta}{2}}. \quad (4)$$

Величини φ і θ пов'язані між собою через умову збереження x -го компонента квазіімпульсу:

$$\theta = \arcsin \left(\sin \varphi \frac{\alpha E}{E - V} + \frac{\alpha A}{E - V} \right), \quad (5)$$

де через α позначено відношення швидкостей v_2 / v_1 ; $A = A_x$.

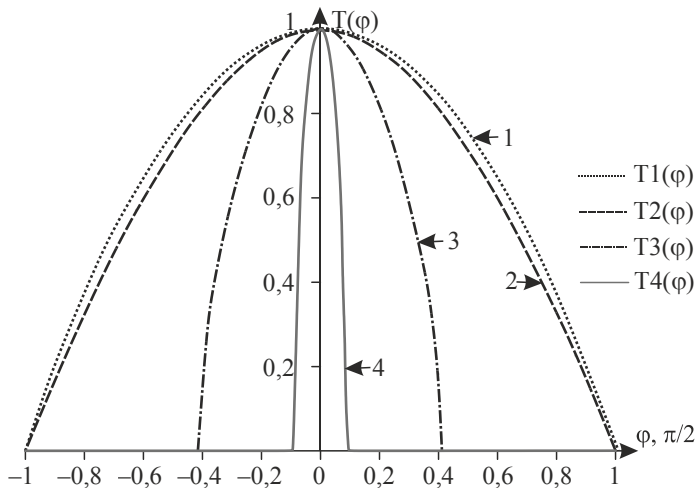


Рис. 1. Функція $T(\varphi)$ за відсутності магнітного поля

Значення параметрів для функцій є такими: для функцій $T1(\varphi)$ — $T3(\varphi)$ — $V = 4, A = 0, E = 1, \alpha = 0,2, 1, 1$ відповідно; для кривої $T4(\varphi)$ — $\alpha = 0,2, E = 4,1$

Перш за все варто зазначити, що структура, яка розглядається, не є тунельно-резонансною (як більшість бар'єрних наноструктур, що наразі активно вивчаються). Спектри залежностей $T(\varphi)$ і $T(E)$, представлені на рис. 1 і 2 відповідно, являють собою гладкі лінії і не мають резонансних піків.

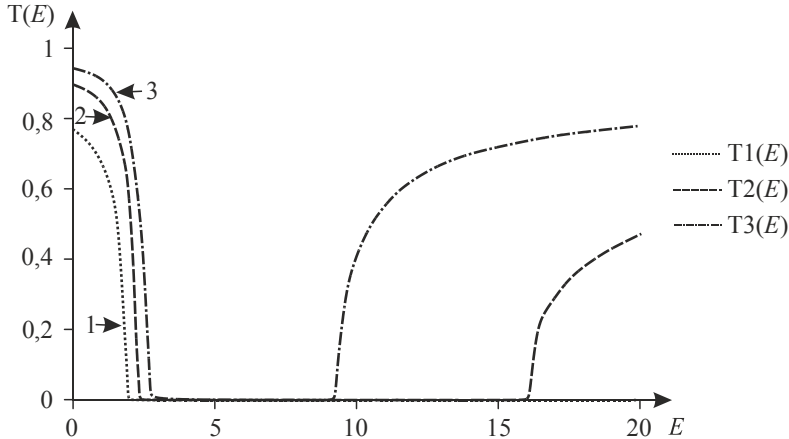


Рис. 2. Функція $T(E)$ за відсутності магнітного поля. Значення параметрів функцій $T1$ — $T3$ є такими: $V=4, A=0, \alpha=1,5, \varphi = \pi/4, \pi/6, \pi/8$ відповідно

У разі відсутності магнітного поля ($A=0$) всі спектри $T(\varphi)$ є симетричними відносно кута падіння $\varphi=0$, тобто є однаковими в інтервалах $-\frac{\pi}{2} < \varphi < 0$ і $\frac{\pi}{2} > \varphi > 0$. Спектри, які відповідають значенням $\alpha < 1$, мало відрізняються один від одного, тобто слабо залежать від значень $\alpha < 1$. Це пояснюється тим, що ці значення α ($\alpha < 1$) асоціюються з утворенням квантових ям, пов'язаних із швидкістю Фермі, так що вплив електростатичних бар'єрів на формування спектрів є домінантним.

Для значень $\alpha < 1$ область кутів падіння φ , для яких величина T має досить великі значення, є обмеженою. Ця область істотно залежить від значень енергії квазіелектронів E і від величини α , оскільки зростає як E , так і α .

У спектрах існує так званий критичний кут φ_k , через що для електронів, які падають на структуру під кутами $\varphi > \varphi_k$, бар'єр є непроникним, тобто $T(\varphi > \varphi_k) = 0$. Значення критичного кута можна знайти із закону Снела:

$$k \sin \varphi = q \sin \theta, \tag{6}$$

і воно дорівнює:

$$\varphi_k = \pm \arcsin \frac{|E - V|}{\alpha E}. \tag{7}$$

Значення критичного кута φ_k зменшується із зростанням α і є чутливим до енергії електронів E і висоти електростатичного бар'єру V .

Для значень $\alpha < 1$ критичного кута не існує, і величина T є значно більшою від нуля в усьому діапазоні кута φ : $-\frac{\pi}{2} < \varphi < \frac{\pi}{2}$. Зауважимо, що для значень енергії, близьких до межі бар'єра $E \sim V$, є лише вузький інтервал значень кутів $\delta\varphi$, в якому коефіцієнт трансмісії помітно відрізняється від нуля (крива 4, рис. 1). Це пояснюється законом дисперсії для квазіелектронів в області T12:

$$E = V + \alpha \sqrt{q_z^2 - (k_x + A)^2}. \quad (8)$$

Із закону випливає таке міркування: коли значення енергії E стає близьким до висоти потенціального бар'єра V ($E \sim V$), квазіімпульс q_z може стати уявним, а отже, відповідна електронна хвиля стає згасаючою. Тож при збільшенні E від 0 до V інтервал кутів φ , для яких значення T є достатньо великими, звужується і зрештою досягає мінімуму в точці $E = V$. При подальшому зростанні енергії за умови, що $E > V$, цей інтервал зростає, але не виходить за межі певної області; для більших значень α ця область зменшується.

Цікавою обставиною для структури, яка розглядається, є те, що величина коефіцієнта трансмісії є високою у випадку низьких енергій, в тому числі і коли $E = 0$ (див. рисунки).

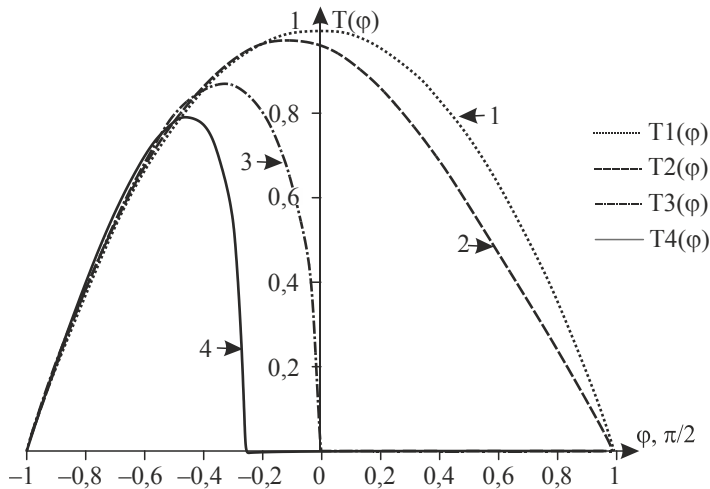


Рис. 3. Функція $T(\varphi)$ за наявності магнітного поля. Значення параметрів функцій T1—T4 є такими: $V = 4, A = 1, E = 1, \alpha = 0,2; 1; 3; 5$ відповідно

На рис. 2 представлено залежність коефіцієнта трансмісії T від енергії квазічастинок E . Видно, що в області енергій $E \sim V$, тобто коли енергія близька до висоти бар'єра, в спектрі утворюється заборонена зона. Її величина сильно залежить від кута падіння φ , різко збільшуючись із його зростанням (криві 2.1 і 2.2). Коли ж кут φ стає достатньо великим і досягає критичного значення, то йому відповідає критична енергія E_k , для значень енергії $E > E_k$ коефіцієнт

$T = 0$, тобто бар'єр стає непрозорим. Причина виникнення забороненої зони також пов'язана із законом дисперсії — аналогічно до випадку звуження інтервалу кутів із нульовими значеннями T , коли $m \sim V$. Тут так само, коли $E > E_k$, електронна хвиля стає згасаючою, і $T = 0$.

Розглянемо тепер дію магнітного бар'єра на транспортні властивості квазіелектронів. Ця дія є принципово відмінною від дії електростатичного бар'єру і бар'єру швидкості Фермі.

1. Перш за все підкреслимо, що магнітне поле порушує симетрію в спектрах $T(\varphi)$ відносно нульового кута падіння: спектри під дією магнітного поля стають асиметричними, тобто частина спектра в області кутів падіння $-\frac{\pi}{2} < \varphi < 0$ не є ідентичною до частини спектра в інтервалі кутів $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$. Цей факт, який істотно відрізняє спектри для магнітних бар'єрів від спектрів для електростатичних бар'єрів і бар'єрів швидкості Фермі, пояснюється тим, що магнітне поле, як відомо, порушує симетрію відносно інверсії часу у відповідних гамільтоніанах.

Рисунки показують, що максимуми коефіцієнта трансмісії T зсуваються від точки $\varphi = 0$; для переважної більшості параметрів цей зсув відбувається в бік від'ємних кутів (ліворуч на рисунках).

2. Другою важливою обставиною, пов'язаною з існуванням магнітних бар'єрів, є факт зменшення амплітуди коефіцієнта трансмісії T із збільшенням магнітного поля (векторного потенціалу A). Зокрема, на рисунках видно, що максимальні значення T зменшуються.

3. Також під дією магнітного поля відбувається зміна значень критичних кутів, що ілюструється рисунками. Залежність значень критичних кутів від магнітного поля дається формулою:

$$\varphi_k = \pm \arcsin \left(\frac{|E - V|}{\alpha E} - \frac{A}{E} \right). \quad (9)$$

4. Для випадку $\alpha < 1$ і $V \neq 0$, тобто у разі наявності електростатичних бар'єрів і бар'єрів швидкості Фермі із значенням $\alpha < 1$, вплив магнітного поля на спектри є доволі слабким; тут домінують бар'єри іншої природи і для помітної зміни спектрів потрібні великі значення векторного потенціалу A .

5. Цікавим фактом є те, що за певного підбору значень параметрів задачі ненульові значення коефіцієнта трансмісії T можуть займати область кутів $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$, і лише її (в області $-\frac{\pi}{2} < \varphi < 0$ $T = 0$) (див. рис. 4). До того ж коефіцієнт трансмісії в точці $\varphi = 0$, тобто у разі нормального падіння квазіелектронної хвилі на структуру, може дорівнювати нулеві.

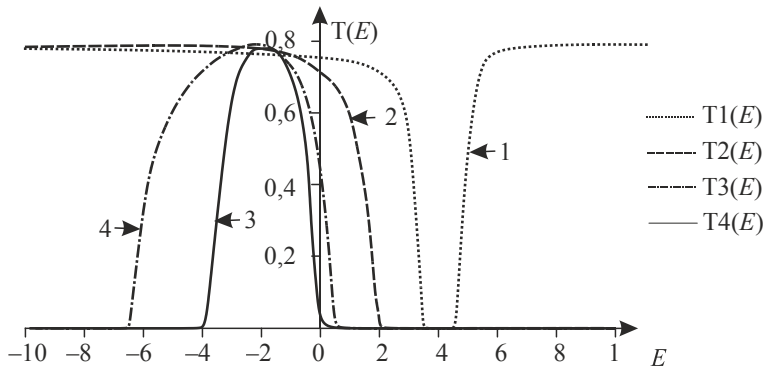


Рис. 4. Функція $T(E)$ за наявності магнітного поля. Значення параметрів функцій $T1$ — $T4$ є такими: $V=4$, $A=1$, $\varphi=\pi/4$, $\alpha=0,2$; 1; 3; 5 відповідно

Висновки

У результаті використання ефективного гамільтоніану методом трансферних матриць у континуальній моделі теоретично розраховано і проаналізовано коефіцієнт трансмісії квазіелектронів Дірака для випадків існування сходинкоподібних електростатичного, магнітного бар'єрів, а також бар'єру швидкості Фермі в планарному контакті двох топологічних ізоляторів. Показано, що коефіцієнт трансмісії, а отже, і електропровідність системи суттєво залежать від швидкості Фермі в бар'єрній області та від значень скалярного і векторного потенціалів. Структура, складена із двох тривимірних топологічних ізоляторів, дає змогу регулювати транспорт носіїв заряду у широких межах і тому має добрі перспективи для застосування в сучасній наноелектроніці з використанням тривимірних топологічних ізоляторів.

Література

1. Tanaka Y., Yokohama T., Nagaosa N. Manipulation of the Majorana Fermion, Andreev reflection, and Josephson Current on Topological Insulators. *Phys. Rev.* 2009. 103. P. 107002—107009.
2. Fu L. Hexagonal Warming Effects in the Surface States of the Topological Insulator Bi_2Te_4 . *Phys. Rev.* 2009. 103. P. 266801—266808.
3. Takahashi R., Murakami S. Gapless Interface States between Topological Insulators with Opposite Dirac Velocities. *Phys. Rev.* 2011. 107. P. 166805—166815.
4. Iurov A., Gumbs G., Roslyak O., Huang D. Anomalous photon-assisted tunneling in grapheme. *Journal of Physics: Condensed Matter.* 2012. №24. P. 015303—015311.
5. Iurov A., Gumbs G., Roslyak O., Huang D. Photon dressed electronic states in topological insulators: tunneling and conductance. *Journal of Physics: Condensed Matter.* 2013. No. 25. P. 135502—135515.
6. Alos-Palop M., Rakesh P., Blaauboer M. Suppression of conductance in a topological insulator nanostep junction. *Phys. Rev.* 2013. B 87. P. 035432—035439.
7. Li H., Shao J., Zhang H., Dao-Xin Y., Yang G. Resonant tunneling in a topological insulator super lattice. *Journal of Applied Physics.* 2013. 114. P. 093703—093710.
8. Takagaki Y. Klein tunneling of helical edge states in narrow strips of a two-dimensional topological insulator. *Journal of Physics: Condensed Matter.* 2016. No. 28. P. 025302—025307.
9. Zheng Y., Song J., Li Y. Suppression of Andreev conductance in a topological insulator—superconductor nanostep junction. *Chin. Phys.* 2016. 25. P. 037301—037305.
10. Korol A., Sokolenko A., Sokolenko I. The energy spectra of the graphene-based quasi-periodic superlattice. *Low Temperature Physics.* 2018. No. 44(8). P. 803—809.

DEVELOPMENT OF REPRODUCTION OF CHEESE DESSERT “SLONENIA” WITH THE USE OF FOOD ADDITIVE “MAGNETOFOOD”

A. Alexandrov, I. Tsykhanovska, N. Kaida

Ukrainian Engineering-Pedagogics Academy

V. Evlash

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

*Cheese dessert
Recipe
Food additive
“Magnetofood”
Properties
Quality*

Article history:

Received 08.01.2019
Received in revised form
30.01.2019
Accepted 11.02.2019

Corresponding author:

A. Alexandrov
E-mail:
alexandrov.a.v.a.v@gmail.com

ABSTRACT

In order to develop the prescription composition of the cheese dessert “Slonenia”, taking into account the functional and technological properties of the food additive on the basis of two- and trivalent iron oxides (“Magnetofood”), as a subject of research, model simulants with a mass fraction of the additive “Magnetofood” were used at 0.10%; 0.15%; 0.20% by weight of cheese, which was added to the sour milk base in the dry state when stirred. To determine the organoleptic (on a 5-point scale, taking into account the weighting factors of each indicator), physico-chemical (titrated acidity, mass fraction of moisture), microbiological (microbial contamination: BGKP coliform, mold, fungi, yeast, etc.), structural and mechanical (effective viscosity using a rotary viscometer) of the indicators common and standard techniques were used.

It was established that the introduction of a nutritional supplement “Magnetofood” in experimental samples of cheese desserts in amounts from 0.10% to 0.20% to the mass of cheese compared to control improves the color, taste and smell of desserts. The highest rates were characterized by a dessert with a mass fraction of the 0.15% of additive, which it kept for 5 days. “Magnetofood” also reduces the titrated acidity of cheese desserts (5—14)°T — for the first day and (30—40)°T — for 14 days of storage and moisture loss by: (2—6) % for the first day and (15—19) % for 14 days of storage. The decrease of contamination of desserts by microorganisms for mold fungi was found to be 3.5—4.0 times, while for yeast it was 2.5—3.0 times. An increase in dynamic viscosity is established: the inclination of the dependence $\tau = f(\gamma)$ is greater relative to the control, but slightly decreases the maximum shear stress: (110—118) Pa · s (in samples with the additive) against 138 Pa · s in the control.

The rational content of the nutritional supplement “Magnetofood” is determined in the composition of the cheese dessert. A recipe for cheese dessert “Slonenia” with the addition of “Magnetofood” in the amount of 0.15% to the mass of cheese was developed.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-17

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ СИРКОВОГО ДЕСЕРТУ «СЛОНЕННЯ» З ВИКОРИСТАННЯМ ХАРЧОВОЇ ДОБАВКИ «МАГНЕТОФУД»

О.В. Александров, І.В. Цихановська, Н.С. Кайда

Українська інженерно-педагогічна академія

В.В. Євлаш

Харківський державний університет харчування та торгівлі

З метою розробки рецептурного складу сиркового десерту «Слонення» з урахуванням функціонально-технологічних властивостей харчової добавки на основі оксидів дво- і тривалентного заліза («Магнетофуд») як предмет досліджень використовували модельні сиркові системи з масовою часткою добавки «Магнетофуд» 0,10, 0,15 та 0,20% до маси сиру, яку вводили до кисло-молочної основи в сухому вигляді при перемішуванні. Для визначення органолептичних (за 5-бальною шкалою з урахуванням коефіцієнтів вагомості кожного показника), фізико-хімічних (титрованої кислотності, масової частки вологи), мікробіологічних (мікробне забруднення: БГКП коліформи, плісняві гриби, дріжджі та ін.), структурно-механічних (ефективної в'язкості за допомогою ротаційного віскозиметра) показників було використано загально-прийняті та стандартні методики.

Встановлено, що введення харчової добавки «Магнетофуд» у дослідні зразки сиркових десертів у кількості від 0,1 до 0,2% до маси сиру порівняно з контролем покращує колір, смак і запах десертів. Найбільш високими показниками характеризувався десерт з масовою часткою добавки 0,15%, які він зберігав протягом 5 діб. «Магнетофуд» також зменшує титровану кислотність сиркових десертів (на 5—14°Т — на першу добу та на 30—40°Т — на 14 добу зберігання) та втрати вологи (на 2—6% — в першу добу і на 15—19% на 14 добу зберігання). Виявлено зменшення забрудненості десертів мікроорганізмами для пліснявих грибів — в 3,5—4,0 рази, а для дріжджів — в 2,5—3,0 рази. Встановлено збільшення ефективної в'язкості: нахил залежності $\tau = f(\gamma)$ — більший відносно контролю, але трохи зменшує максимальне напруження зсуву: (110—118) Па·с (у зразках з добавкою) проти 138 Па·с у контролі.

Визначено раціональний вміст харчової добавки «Магнетофуд» у складі сиркового десерту. Розроблено рецептуру сиркового десерту «Слонення» з добавкою «Магнетофуд» у кількості 0,15% до маси сиру.

Ключові слова: сирковий десерт, рецептура, харчова добавка «Магнетофуд», властивості, якість.

Постановка проблеми. Вирішення проблеми збереження споживчих властивостей та якості текстури сирних десертів у процесі тривалого зберігання є актуальним [1]. Пошук шляхів, що забезпечують високоякісну консистенцію, стійку до різних несприятливих дій і стабільну в процесі тривалого зберігання, є нагальним завданням. Слід також зазначити, що до теперішнього

часу не знайшли вирішення такі об'єктивні технологічні властивості, притаманні сиру кисломолочному, як основній сировині, — ущільнення білкового згустку, синерезис, низька вологоутримуюча здатність.

Для вирішення цих актуальних проблем використовують різноманітні технологічні прийоми, харчові добавки-поліпшувачі основної сировини і сиркових систем тощо [2]. Останнім часом у технологіях кисломолочної продукції все більше використовуються функціонально-технологічні мінеральні харчові добавки, що поліпшують якість продукції, уповільнюють процеси окисного та мікробного псування, подовжують терміни зберігання. Однак харчові добавки, що використовуються у харчовій галузі (зокрема у технологіях кисломолочної продукції), не володіють комплексною дією [3]. Тому своєчасним у галузі кисломолочної продукції є пошук і дослідження харчових багатофункціональних добавок-поліпшувачів.

Для формування необхідних функціонально-технологічних властивостей сиркового десерту «Слоненя» може бути запропонована харчова добавка комплексної дії на основі оксидів заліза «Магнетофуд» [ТУ У 10.8-2023017824-001:2018; Патент UA № 126502 Харчова добавка «Магнетофуд», 2018, Бюл. № 12, 4 с., Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, Україна], яка є науковою розробкою авторів дослідження. «Магнетофуд» — вискодисперсний нанопорошок з розміром частинок 70—80 нм і з великою питомою поверхнею та хімічним потенціалом. За хімічним складом «Магнетофуд» — подвійний оксид ферума ($\text{FeO Fe}_2\text{O}_3$ або Fe_3O_4), одержаний за вдосконаленою технологією, що дає змогу отримувати наночастинки заданого розміру; скорегувати фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості; знизити трудомісткість технологічного процесу та собівартість кінцевого продукту. Добавка «Магнетофуд» має великий функціонально-технологічний потенціал у технологіях харчової продукції: володіє відновною, антиоксидантною, бактеріостатичною, сорбційною, комплексоутворюючою, емульгуючою, вологозв'язуючою, вологоутримуючою, жирутримуючою здатністю, а також є додатковим джерелом легкозасвоюваного заліза (II) [4; 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У межах вирішення проблеми оптимізації структури харчування слід відзначити роботи вчених, які зробили значний внесок у створення інноваційних технологій та у формування асортименту кисломолочних продуктів, зокрема сиркових виробів, що збагачені мінеральними речовинами [1—3; 6—9].

В останні роки в технологіях кисломолочної продукції використовуються харчові добавки різного походження для поліпшення функціонально-фізіологічних властивостей: пробіотики, інуліновмісна сировина, зернові, солодові та інші наповнювачі [6—10].

Завдяки стабілізаторам поліпшуються органолептичні характеристики десертів з сиру кисломолочного, регулюються процеси структуроутворення, не відбувається денатурація білків при тепловій обробці. Також відмічається зв'язування вільної води, яка стає недоступною для мікроорганізмів, що сприяє формуванню густої консистенції сиркових десертів і подовженню термінів придатності [1; 3; 8; 10—12].

Загусники, вологоутримуючі та структуроутворювачі компоненти, стабілізатори структури сприяють регулюванню функціонально-технологічних властивостей кисломолочних продуктів. Вони усувають технологічні недоліки — синерезис, крихку консистенцію, нетривалі терміни зберігання тощо [3; 8; 12—15].

Останнім часом у складі сиркових десертів використовуються харчові добавки рослинного походження: пшениця подрібнена, борошно горохове та соєве, клітковина, висівки пшеничні та вівсяні, овочево-фруктових пюре. Їх використання сприяє збільшенню кількості мінеральних речовин (заліза — на 125—130%, кальцію — на 25—35%, йоду — в 2,6—3 рази), вітамінів (фолієвої кислоти — на 82—90%, біотину — на 45—50%, нікотинової кислоти — на 4—50%) порівняно з контролем за рахунок використання рослинних інгредієнтів [9—11, 13]. Формуванню пластичної мазкої консистенції, підвищенню харчової цінності та пробіотичних властивостей сирних продуктів сприяє використання вершків, сиропу плодово-женьшеньового, стабілізаційної системи Стабісол JTL, іммобілізованої закваски пробіотичних культур виду LAT PB AC-0, лляної олії, сиру знежиреного, одержаного методом ультрафільтрації [11].

Для покращення харчової цінності десертів із сиру кисломолочного використовують дієтичну добавку «Гемовітал», чуфу і топінамбур (нормалізують вуглеводний обмін), композиції прянощів (сухий мелений корінь селери, базилік, майоран, сухий часник і духмянний перець) [14].

Аналіз інформаційних джерел [2; 3; 6—15] показує, що більшість харчових добавок і поліпшувачів стосується регулювання харчової цінності, в той час недоліки технологічних показників практично не усуваються. Проблему можливо вирішити за рахунок використання у складі виробів із сиру кисломолочного поліпшувачів, що володіють комплексною дією: формують нові функціонально-технологічні властивості основної сировини та напівфабрикатів, сприяють покращенню споживчих властивостей кисломолочної продукції і подовженню термінів її придатності.

Метою досліджень є обґрунтування доцільності внесення харчової добавки «Магнетофуд» до складу десерту з сиру кисломолочного та розробка рецептурної композиції нового продукту.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- вивчити вплив харчової добавки «Магнетофуд» на органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні та мікробіологічні показники дослідних зразків десерту «Слоненя» із сиру кисломолочного в процесі їх зберігання;

- встановити раціональний вміст харчової добавки «Магнетофуд» у рецептурі десерту «Слоненя» із сиру кисломолочного.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в умовах лабораторій кафедри харчових та хімічних технологій Української інженерно-педагогічної академії, м. Харків. Об'єкт дослідження — технологія сиркових десертів на основі кисломолочного сиру. Предмет дослідження — дослідні зразки сиркових десертів із різним вмістом харчової добавки «Магнетофуд» [ТУ У 10.8-2023017824-001:2018. Добавка харчова на основі оксидів заліза «Магнетофуд»; висновок ДСЕС від 12.06.2018 р. — код за ДКПП 10.89.19].

Дослідження проводили на модельних системах із сиру кисломолочного класичного (жирність — 15%, отриманий кислотно-сичужним способом; вміст:

жиру — 15%, білків — 14%, вологи — 70%; кислотність — 195°Т) [ДСТУ 4554:2006] з додаванням харчової добавки «Магнетофуд» у вигляді порошку в кількості: 0,10%; 0,15%; 0,20% до маси сиру (див. табл. 1, 2). «Магнетофуд» додавали в рецептурну суміш дослідних зразків сиркових десертів при попередньому замочуванні порошкоподібної добавки в половинній кількості сметани (жирність — 20%; кислотність активна — 4,6, титрована — 85°Т) [ДСТУ 4418:2005] протягом 30 · 60 с. При цьому спостерігалася сольватація вологи сметани наночастинками добавки (1 г добавки зв'язував 2,0—2,5 г вологи) і фарбування сметани. Сметану збивали з цукровою пудрою [ДСТУ 4623:2006] (7—10) · 60 с при частоті обертання робочого органу 750 об/хв до утворення пишної маси. За допомогою міксера змішували та збивали подрібнений блендером сир кисломолочний; сметану і «Магнетофуд», сольватований в сметані. Тривалість процесу перемішування і збивання рецептурної суміші становила (3—5) · 60 с. Дослідні зразки десертів охолоджували до температури (12—14)°С, накривали фольгою і поміщали в холодильник при температурі (4±2)°С на 1 годину.

Під час проведення органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних і мікробіологічних досліджень було використано загальноприйняті та стандартні методики.

Викладення основних результатів дослідження. Для створення рецептурної композиції нового продукту як базова була використана модельна рецептура і технологія десерту з сиру (табл. 1), розроблена на кафедрі харчових та хімічних технологій Української інженерно-педагогічної академії. Підставою для вибору цього продукту як базового стало:

- включення в рецептурний склад сиркового десерту харчової добавки «Магнетофуд», що наділяє продукт природним відтінком — горіховим кольором;
- введення харчової добавки «Магнетофуд», що за рахунок вологозв'язуючої, жирутримуючої, структуруючої, стабілізуючої і емульгуючої здатності та бактеріостатичної дії покращує технологічні характеристики сиру кисломолочного та споживчі характеристики і термін зберігання виготовленого з нього продукту [4; 5; 15].

Склад базової модельної рецептури: сир кисломолочний (жирність 15%) — 70%, сметана (жирність 20%) — 20%, цукор-пісок (пудра) — 10%.

Дослідні зразки сиркових десертів:

- зразок 0 (контроль) — відповідає базовій модельній рецептурі;
- зразок 1 — до рецептури зразка 0 додається харчова добавка «Магнетофуд» у кількості 0,10% до маси сиру;
- зразок 2 — до рецептури зразка 0 додається харчова добавка «Магнетофуд» у кількості 0,15% до маси сиру;
- зразок 3 — до рецептури зразка 0 додається харчова добавка «Магнетофуд» у кількості 0,20% до маси сиру.

Зразки витримували у холодильнику при температурі (4±2)°С. Через 24, 72, 120, 168, 240, 288 годин від зразків відбиралися проби для проведення досліджень.

Дослідження органолептичних властивостей сиркових десертів з використанням харчової добавки «Магнетофуд». Для обґрунтування масової частки

добавки «Магнетофуд» у рецептурі сиркових десертів проведена їх органолептична оцінка (за 5-бальною шкалою з урахуванням коефіцієнтів вагомості кожного показника), результати якої представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Оцінка органолептичних показників дослідних зразків сиркового десерту порівняно з контролем ($n = 3, P \geq 0,95$)

Зразки сиркового десерту	Органолептичні показники сиркового десерту				
	Консистенція	Смак	Запах	Зовнішній вигляд	Колір
Зразок 0 — контроль	5,0±0,1	4,0±0,1	4,0±0,2	5,0±0,2	4,0±0,2
Зразок 1	5,0±0,1	4,0±0,1	5,0±0,2	5,0±0,2	5,0±0,2
Зразок 2	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,2	5,0±0,2	5,0±0,2
Зразок 3	5,0±0,1	4,0±0,1	5,0±0,2	5,0±0,2	4,0±0,2

З даних табл. 1 видно, що зовнішній вигляд, консистенція, колір, смак і запах десерту із сиру залежать від масової частки харчової добавки «Магнетофуд». Найвищі показники виявлено для десерту з масовою часткою добавки 0,15%, який відрізнявся горіховим кольором, однорідною консистенцією, смаком і запахом, властивими десерту з сиру.

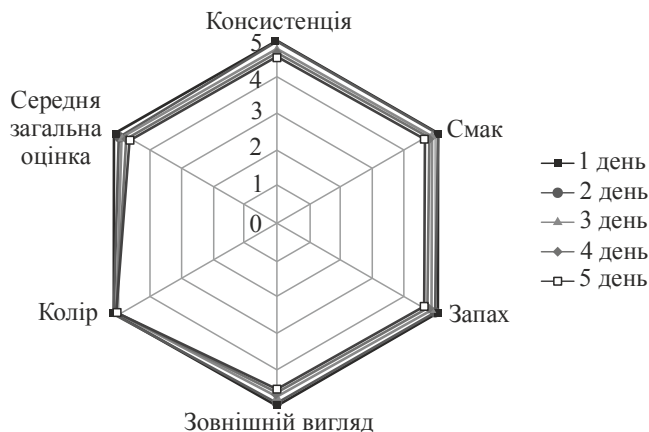


Рис. 1. Динаміка зміни органолептичних показників сиркового десерту «Слоненя» в процесі зберігання

Органолептична оцінка розробленого сиркового десерту «Слоненя» з раціональною кількістю добавки «Магнетофуд» 0,15% до маси сиру (рис. 1) в процесі зберігання показала, що за всіма показниками протягом 5 днів зберігання продукт зберігає відносно високу якість. Це пов'язано зі структуруючою, водо- та жирутримуючою здатністю харчової добавки «Магнетофуд» [5; 15].

Дослідження фізико-хімічних показників сиркових десертів з використанням харчової добавки «Магнетофуд». Дослідження впливу харчової добавки «Магнетофуд» на зміну фізико-хімічних показників, зокрема титрованої кислотності і масової частки вологи, в дослідних зразках сиркових десертів в процесі зберігання представлені на рис. 2 і рис. 3 відповідно.

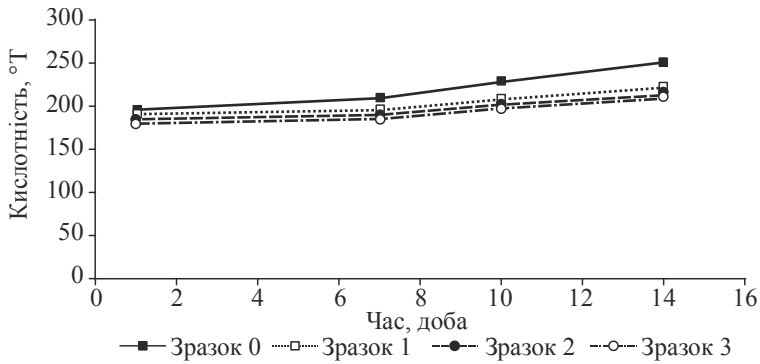


Рис. 2. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на зміну титрованої кислотності дослідних зразків сиркових десертів у часі

Аналіз експериментальних даних (рис. 2) свідчить про те, що введення добавки «Магнетофуд» у кількості (0,1—0,2) % до маси сиру зменшує титровану кислотність на (5—14) $^{\circ}$ Т — на першу добу та на (30—40) $^{\circ}$ Т — на 14 добу зберігання порівняно з контролем. Це пов'язано з бактеріостатичною дією добавки «Магнетофуд» [4; 5], що гальмує розвиток бактерій, життєдіяльність яких призводить до збільшення кислотності дослідних зразків сиркових десертів, і, відповідно, до їх псування. При цьому кращі результати одержані за вмісту добавки «Магнетофуд» 0,15—0,20%. Зменшення кислотності за вищого вмісту добавки (0,20%) незначно відрізняється від цієї характеристики для зразку з масовою часткою добавки 0,15%. Тому раціональною кількістю добавки «Магнетофуд» можна вважати 0,15% до маси сиру кисло-молочного.

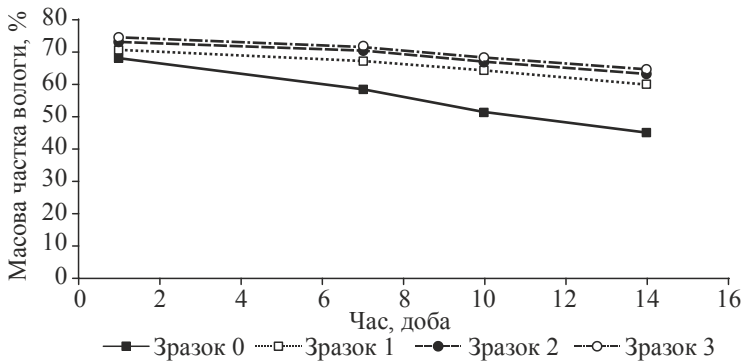


Рис. 3. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на зміну масової частки вологи дослідних зразків сиркових десертів у часі

З аналізу даних рис. 3 випливає, що з плином часу вологість всіх дослідних зразків сиркових десертів зменшується. Однак за наявності добавки «Магнетофуд» зменшення масової частки вологи відбувається повільніше: на 2—6% — в першу добу і на 15—19% — на 14 добу зберігання, якщо порівняти з контролем. Таке підвищення масової частки вологи в дослідних зразках

десертів при використанні добавки «Магнетофуд» пов'язано з вологозв'язуючою та вологоутримуючою здатністю наночастинок «Магнетофуд». При цьому раціональною кількістю добавки «Магнетофуд» можна вважати 0,15% до маси сиру кисломолочного.

Дослідження мікробіологічних показників сиркових десертів з харчовою добавкою «Магнетофуд». Одним із найважливіших показників якості готової продукції харчування є показник мікробіологічної безпеки, оскільки він нерозривно пов'язаний зі здоров'ям споживачів.

Зміну мікробіологічних показників дослідних зразків сиркових десертів у процесі зберігання представлено в табл. 2. Зберігання зразків десертів проводили в закритій тарі при температурі $(4\pm 2)^\circ\text{C}$.

Таблиця 2. Вплив добавки «Магнетофуд» на мікробіологічні показники дослідних зразків сиркових десертів

Дослідні зразки сиркових десертів	Мікробіологічні показники				
	БГКП коліформи, КУО в 0,01 г продукту	Патогенні мікроорганізми, <i>Salmonella</i> , в 25 г продукту	Кількість пліснявих грибів, КУО в 1 г продукту, не більше	Кількість дріжджів, КУО в 1 г продукту, не більш	<i>Staphylococcus aureus</i> , в 0,01 г продукту
1 доба					
Зразок 0	Не виявлено	Не виявлено	2	44	Не виявлено
Зразок 1	Не виявлено	Не виявлено	—	—	Не виявлено
Зразок 2	Не виявлено	Не виявлено	—	—	Не виявлено
Зразок 3	Не виявлено	Не виявлено	—	—	Не виявлено
2 доба					
Зразок 0	Не виявлено	Не виявлено	5	46	Не виявлено
Зразок 1	Не виявлено	Не виявлено	—	—	Не виявлено
Зразок 2	Не виявлено	Не виявлено	—	—	Не виявлено
Зразок 3	Не виявлено	Не виявлено	—	—	Не виявлено
3 доба					
Зразок 0	Не виявлено	Не виявлено	7	49	Не виявлено
Зразок 1	Не виявлено	Не виявлено	2	17	Не виявлено
Зразок 2	Не виявлено	Не виявлено	1	16	Не виявлено
Зразок 3	Не виявлено	Не виявлено	1	16	Не виявлено
4 доба					
Зразок 0	Не виявлено	Не виявлено	12	67	Не виявлено
Зразок 1	Не виявлено	Не виявлено	4	28	Не виявлено
Зразок 2	Не виявлено	Не виявлено	3	27	Не виявлено
Зразок 3	Не виявлено	Не виявлено	3	27	Не виявлено
5 доба					
Зразок 0	Не виявлено	Не виявлено	23	75	Не виявлено
Зразок 1	Не виявлено	Не виявлено	8	39	Не виявлено
Зразок 2	Не виявлено	Не виявлено	7	38	Не виявлено
Зразок 3	Не виявлено	Не виявлено	7	38	Не виявлено

З табл. 2 видно, що при зберіганні дослідних зразків сирних десертів їх забрудненість мікроорганізмами при введенні добавки «Магнетофуд» в

кількості 0,10—0,20% до маси сиру зменшується в середньому: для пліснявих грибів — в 3,5 — 4,0 рази; для дріжджів — в 2,5—3,0 рази. Тобто при внесенні добавки «Магнетофуд» спостерігається значне пригнічення розвитку мікрофлори. Харчова добавка «Магнетофуд» виявляє бактеріостатичну дію щодо клітин дріжджів і пліснявих грибів, причому кількість «Магнетофуд» 0,15% (зразок 2) є раціональною та достатньою для реалізації цієї функції.

Отримані дані підтверджують антимікробну дію харчової добавки «Магнетофуд» і мікробіологічну безпечність сиркових виробів з її використанням та відповідність встановленим для цього виду продукції нормативам.

Дослідження структурно-механічних властивостей сиркових десертів з додаванням харчової добавки «Магнетофуд». З метою визначення впливу добавки «Магнетофуд» на структуру сирного десерту і, в тому числі, протягом зберігання, вивчена в'язкість дослідних зразків сирних десертів. Ефективна в'язкість характеризує міцність структури в системі. Крім того, наночастинки харчової добавки «Магнетофуд» мають структуруючу здатність [15], тому слід очікувати її певний вплив на структуру системи. Дослідження виконано на зразках безпосередньо після приготування зарзків десертів і після 24 годин зберігання (температура зберігання 12—14°C). Результати дослідження в'язкості досліджуваних зразків сиркових десертів безпосередньо після приготування показані на рис. 4.

З рис. 4 видно, що введення харчової добавки «Магнетофуд» в рецептуру десерту з сиру збільшує ефективну в'язкість: нахил залежності $\tau = f(\gamma)$ — більший відносно контрольного зразку, але трохи зменшує максимальне напруження зсуву: (110—118) Па · с (у зразках 1, 2, 3) проти 138 Па · с у контрольному зразку. При цьому раціональна кількість добавки становить 0,15% до маси сиру.

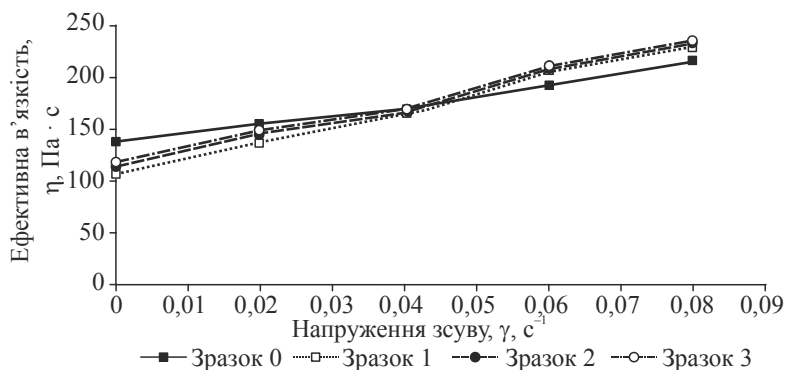


Рис. 4. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на ефективну в'язкість дослідних зразків сиркових десертів

Встановлено, що дослідні зразки 1, 2, 3 з добавкою «Магнетофуд» характеризуються високим рівнем тиксотропії — до 35%, якщо порівняти з початковою величиною. Отже, добавка «Магнетофуд» коригує структурно-механічні властивості виробів з кисломолочного сиру. При цьому, як показали результати досліджень, в'язкість дослідних зразків сиркових десертів про-

тягом 24 год зберігання не змінювалася. Введення харчової добавки «Магнетофуд» в десерти з сиру дещо пом'якшує структуру десерту (за рахунок водота жиру утримуючої здатності) [5; 15], але при цьому не змінює стабільність десерту протягом усього терміну зберігання продукту.

Проведені дослідження й отримані результати є підставою для підтвердження раціонального вмісту добавки «Магнетофуд» у рецептурі сиркового десерту — 0,15% до маси кисломолочного сиру. Рецептуру десерту «Слоненя» наведено у табл. 3.

Таблиця 3. Рецептура сиркового десерту «Слоненя» з додаванням харчової добавки «Магнетофуд» (в кг на 1000 кг продукту)

№	Найменування сировини	Маса нетто (кг)
1	Сир кисломолочний (жирність 15%)	698,95
2	Сметана (жирність 20%)	200,00
3	Цукор-пісок (пудра)	100,00
4	Харчова добавка «Магнетофуд»	1,05
	Всього	1000,00

Висновки

1. Встановлено, що введення харчової добавки «Магнетофуд» у дослідні зразки сиркових десертів у кількості від 0,1 до 0,2% до маси сиру, якщо порівняти з контролем, покращує колір, смак і запах десертів. Найбільш високими показниками характеризувався десерт з масовою часткою добавки 0,15%, які він зберігав протягом 5 діб.

2. Доведено, що добавка «Магнетофуд» зменшує титровану кислотність сиркових десертів (на 5—14°Т — на першу добу та на 30—40°Т — на 14 добу зберігання); втрати вологи (на 2—6% — в першу добу і на 15—19) % на 14 добу зберігання) та забрудненості десертів мікроорганізмами для пліснявих грибів — в 3,5—4,0 рази, а для дріжджів — в 2,5—3,0 рази.

3. Встановлено збільшення ефективної в'язкості: нахил залежності $\tau = f(\gamma)$ — більший відносно контролю, але трохи зменшує максимальне напруження зсуву: (110—118) Па · с (у зразках з добавкою) проти 138 Па · с у контролі.

4. Визначено раціональний вміст харчової добавки «Магнетофуд» у складі сиркового десерту — 0,15% до маси сиру кисломолочного. Розроблено рецептуру сиркового десерту «Слоненя» з добавкою «Магнетофуд».

Література

1. Гачак Ю.Р., Вавричевич Я.С., Прокопюк Н.І. Розробка рецептур сиркових мас із кріопорошками «Морська капуста» та «Брокколи» та їх технологічні характеристики. *Науковий вісник ЛНУВМБС ім. С.З. Гжицького*. 2016. Т. 18. № 1(65). С. 53—59.
2. Соловьева М. С. Разработка технологии творожных десертов на основе сухих молочных компонентов. *Молочное дело*. Київ, 2013. № 5. С. 23—26.
3. Karna Ramachandraiah, Mi-Jung Choi, Geun-Pyo Hong. Micro- and nano-scaled materials for strategy-based applications in innovative livestock products: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 71. P. 25—35.
4. Илюха Н.Г., Барсова З.В., Коваленко В.А., Цихановская И.В. Технология производства и показатели качества пищевой добавки на основе магнетита. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2010. Т. 6. № 10(48). С. 32—35.

5. Tsykhanovska I., Alexandrov A., Evlash V., Lazareva T., Svidlo K., Gontar T. Formation of the quality of the rzhno-wheat bread with addition of the polyfunktianial food additives «Magnetofood»: колективна монографія «New Technologies of Food Production: Raw Materials, Additives, Quality» / за ред. В.В. Євлаш та К.В. Свідло. Lambert Academic Publishing, Germany. 2018. 624 с.
6. Ramos L. R., Santos J. S., Dagher H., Valesse A. C., Granato D. Analytical optimization of a phenolic-rich herbal extract and supplementation in fermented milk containing sweet potato pulp. *Food Chemistry*. 2017. V. 221. P. 950—958.
7. Соловьева М.С. Разработка технологии творожных десертов на основе сухих молочных компонентов. *Молочное дело*. Київ, 2013. № 5. С. 23—26.
8. Park H., Lee M., Kim K.-T., Park E., Paik H.-D.. Antioxidant and antigenotoxic effect of dairy products supplemented with red ginseng extract. *Journal of Dairy Science*. 2018. V. 101. Iss. 10. P. 8702—8710.
9. Пересічний М.І., Пересічна С.М., Розумна Н.В. Мінеральний склад чизкейків з використанням рослинної сировини. *Харчова наука і технологія: науково-виробничий журнал*. 2014. № 2(27). 2014. С. 6—9.
10. Gharibzahedi S.M.T., Koubaa M., Barba F.J., Greiner R., Roohinejad S. Recent advances in the application of microbial transglutaminase crosslinking in cheese and ice cream products: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018. V. 107. Part B. P. 2364—2374.
11. Granato D., Santos J. S., Salem R. Ds., Mortazavian A. M., Cruz A. G.. Effects of herbal extracts on quality traits of yogurts, cheeses, fermented milks, and ice creams: a technological perspective. *Current Opinion in Food Science*. 2018. V. 19. P. 1—7.
12. Вотинцев Ю.П. Изучение процесса структурообразования творожного десертного продукта (пудинга). *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2016. Вып. № 2(22). С. 212—216.
13. Budryn G., Zaczynska D., Oracz J.. Effect of addition of green coffee extract and nano-encapsulated chlorogenic acids on aroma of different food products. *LWT*. 2016. V. 73. P. 197—204.
14. Дуденко Н.В., Павлоцька Л.Ф., Коваленко В.О. Наукові основи технології та системного використання харчових продуктів оздоровчої дії для різних верств населення: монографія. Харків: ХДУХТ, 2015. 274 с.
15. Tsykhanovska I., Alexandrov A., Evlash V., Lazareva T., Svidlo K., Gontar T., Yurchenko L., Pavlotska L. Substantiation of the mechanism of interaction between biopolymers of rye-and-wheat flour and the nanoparticles of the «Magnetofood» food additive in order to improve moisture-retaining capacity of Dough. *Eastern European Journal of Advanced Technology*. 2018. Vol. 2 /11. No. 92. P. 70—80.

NON-TRADITIONAL RAW MATERIAL IN THE TECHNOLOGY OF FERMENTED KVASS

M. Karputina, M. Voitenko, D. Khageliia, S. Teterina, Z. Romanova
National University of Food Technologies

Key words:

Sorghum juice
Kvass concentrate
Fermentation drink

Article history:

Received 11.01.2019
Received in revised form
01.02.2019
Accepted 14.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

This paper describes modern trends of high fermented beverages production. In kvass technology a new types of raw materials are used. It helps to enrich it with biologically active substances.

In fermentated kvass production sugar sorghum, hybrid Honey are traditionally used. And all of these components are used with the kvass mash concentrate (KMC).

The experimental studies helped us to find out the optimal parameters for using juice of sugar sorghum.

The dynamics of the process of fermentation of mustard from sugar sorghum and KMC is also studied in this work, and a comparison with the traditional kvass technology derived from KMC and sugar syrup has been made. The features of fermentation of prepared samples of wort by bakery yeast of *Saccharomyces cerevisiae* race 14 and complex lactation of TM "Vivo" containing brewer's yeast of *Saccharomyces cerevisiae* race 11 and lactic acid bacteria *Streptococcus thermophiles*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*. The optimal parameters of the fermentation process are proposed and an estimation of physical and chemical parameters of the finished drinks is made.

Profilograms of taste and flavor for samples of fermentated kvass were constructed on proposed and traditional technology. Comparative evaluation of organoleptic parameters for this drinks was also conducted. This comparison was conducted by qualified tasting commission.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-18

НЕТРАДИЦІЙНА СИРОВИНА В ТЕХНОЛОГІЇ КВАСУ БРОДІННЯ

М.В. Карпутіна, М.К. Войтенко, Д.Д. Харгелія, С.М. Тетеріна, З.М. Романова
Національний університет харчових технологій

У статті охарактеризовано сучасні напрями у створенні ферментованих напоїв підвищеної харчової цінності з рослинної сировини, зокрема квасу бродіння. Зазначено, що перспективним напрямом для удосконалення техно-

логії квасу є застосування нових видів сировини, збагаченої біологічно активними речовинами.

На підставі проведених досліджень для виробництва квасу бродіння поряд з традиційною сировиною — концентратом квасного сусла (ККС), рекомендовано використовувати сік цукрового сорго гібриду Медовий.

У результаті експериментальних досліджень було підібрано оптимальні параметри приготування сусла з соку цукрового сорго і ККС та проведено оцінку його якісного складу.

Також досліджено динаміку процесу зброджування сусла із соку цукрового сорго та ККС та зроблено порівняння з традиційною технологією квасу, одержаного з ККС та цукрового сиропу. Визначено особливості зброджування підготовлених зразків сусла хлібопекарськими дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* раси 14, а також комплексною закваскою ТМ «Віво», яка містить у своєму складі пивоварні дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси 11 та молочнокислі бактерії *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*. Запропоновано оптимальні параметри проведення процесу бродіння та здійснено оцінку фізико-хімічних показників готових напоїв.

Побудовано профілограми смаку й аромату отриманих зразків квасу бродіння та проведено порівняльну оцінку органолептичних показників готових напоїв, отриманих за запропонованою й традиційною технологією, кваліфікованою дегустаційною комісією.

Ключові слова: сік сорго, концентрат квасного сусла, напій бродіння.

Постановка проблеми. Важливим завданням бродильної галузі є підвищення якості напоїв для задоволення потреб різних груп населення, отримання напоїв з новими властивостями. Сьогодні у світі сформувалась тенденція до застосування різних інноваційних інгредієнтів для виробництва безалкогольних напоїв. Це обумовлено тим, що більшість виробників прагнуть зробити свою продукцію більш корисною для здоров'я людини, звести до мінімуму використання синтетичних добавок.

Найбільш перспективними в цьому напрямі є ферментовані напої, зокрема квас бродіння, у складі якого для покращення харчової цінності та органолептичних властивостей сьогодні пропонується використання в рецептурі різноманітних компонентів з рослинної сировини: екстрактів ромашки, шавлії, обліпихи, хвої, плодово-ягідних сиропів шипшини, журавлини, калини, брусниці, глоду та свіжого імбиру тощо [1; 7].

При цьому удосконалення технології квасу на основі нетрадиційної рослинної сировини є актуальною проблемою, вирішення якої дасть змогу отримати натуральний продукт бродіння та розширити асортиментну лінію харчових продуктів з високою біологічною цінністю.

Будь-які з вищенаведених інгредієнтів рослинної сировини, які використовуються в рецептурах квасу бродіння, не виключають застосування цукрового сиропу, що не є позитивним у технологіях оздоровчого харчування.

Нетрадиційною альтернативною сировиною, яка буде джерелом не тільки біологічно активних речовин (БАР), а й цукру, є сік цукрового сорго.

У результаті проведеного літературного пошуку в дослідженнях з удосконалення технології квасу бродіння було обране цукрове сорго гібриду Медовий, який завдяки своєму складу здатен забезпечити високі споживчі властивості напою [4].

Сік цукрового сорго (СЦС), характеризується високим вмістом макро- і мікроелементів, вітамінів, що позитивно впливатиме на регулювання життєвих процесів в організмі людини. У складі соку цукрового сорго міститься 15,0...25% сухих речовин, в тому числі: вуглеводів — 14...20% (вміст сахарози — 55...75%, глюкози і фруктози — 25...45% від загальної кількості цукрів); крохмалю — 0,2...3%; пектинових речовин — 0,08...0,2%; геміцелюлоз і целюлози — 0,5...2% [10].

Наявність у соку сорго широкого спектра амінокислот, сім з яких є незамінними для людини, та їх збереження в процесі підготовки сусла із соку дає можливість отримати біологічно цінний харчовий продукт, який буде корисний в оздоровчому харчуванні [9].

Мета дослідження: удосконалення технології квасу бродіння шляхом підбору оптимального співвідношення компонентів сусла на основі соку цукрового сорго та ККС, встановлення раціонального режиму зброджування сусла на підставі визначених фізико-хімічних та органолептичних показників готових напоїв.

Матеріали і методи. Об'єкти досліджень: сік цукрового сорго гібриду Медовий, отриманий методом пресування; концентрат квасного сусла з вмістом сухих речовин (СР) $65,5 \pm 1\%$; цукровий сироп з вмістом СР $65,5 \pm 1\%$; лимонна кислота моногідрат харчова. Для зброджування сусла використовували хлібопекарські дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси 14 та бактеріальну закваску ТМ «Віво», яка містить пивоварні дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси 11 і молочнокислі бактерії *Streptococcus thermophiles*, *Lactobacillus delbrueckii*ssp. *Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*.

Використані сучасні методи досліджень і загальноприйняті методики хіміко-технологічного та мікробіологічного контролю пиво-безалкогольного виробництва. Органолептичні показники готових зразків квасу визначали за 25-бальною шкалою. Дегустаційне оцінювання напоїв проводили з використанням описового методу за п'ятьма основними елементами дескрипторів [3; 6; 11].

Результати і обговорення. Проведено фізико-хімічний аналіз соку цукрового сорго гібриду Медовий і визначено його хімічний склад. Так, вміст СР у соку складав $15,0 \pm 1,0$ г/100см³, редукуючих цукрів — $4,9 \pm 0,4$ г/100 см³, сахарози — $5,2 \pm 0,4$ г/100 см³, крохмалю — $0,79 \pm 0,07$ г/100см³, геміцелюлоз і целюлози — $0,35 \pm 0,05$ г/100см³. Загальна кислотність соку цукрового сорго становила $1,60 \pm 0,1$ см³ розчину NaOH концентрацією 1 моль/дм³ на 100 см³, активна кислотність (рН) — $5,3 \pm 0,04$.

Оскільки результати експериментальних досліджень показали, що сік цукрового сорго містить високомолекулярні вуглеводи, доцільним було переведення їх у низькомолекулярні цукри шляхом ферментативного гідролізу. Такий технологічний прийом дає змогу збільшити кількість зброджуваних вуглеводів у суслі, його солодкість за рахунок гідролізу крохмалю, зменшити в'язкість, що суттєво покращило якість і швидкість процесу фільтрування сусла.

Для проведення ферментативного гідролізу сік сорго підігрівали до $37 \pm 1^\circ\text{C}$, додавали β -глюканазу в кількості 0,3% до об'єму сусла та витримували 20 хв. Потім сік нагрівали до 85°C , додавали ферментний препарат (ФП) «Термаміл» із розрахунку $0,4 \text{ дм}^3/1\text{т}$ крохмалю та витримували 15 хв. Після цього сусло охолоджували до 55°C , додавали ФП «Сан Супер» із розрахунку $1,2 \text{ дм}^3/1\text{т}$ крохмалю сусла і витримували 15 хв.

Після гідролізу сусло охолоджували до 20°C та фільтрували. Отриманий фільтрат розбавляли підготовленою водою до вмісту СР $7 \pm 0,2\%$ та додавали лимонну кислоту до рН $4,6 \pm 0,04$. Для приготування сусла з ККС до концентрату додавали підготовлену воду до вмісту СР $7 \pm 0,2\%$ і вносили лимонну кислоту до рН $3,5 \pm 0,05$.

Два види сусла (з соку цукрового сорго та ККС) поєднували в співвідношеннях 50:50 та 70:30. Контролем у дослідах було сусло з ККС та цукрового сиропу, виготовлене за традиційною технологією, та сусло, виготовлене лише з СЦС.

Підготовлені зразки сусла пастеризували за температури $85 \pm 1^\circ\text{C}$ протягом 30 хв. У пастеризованих зразках сусла не було виявлено молочнокислих, спороутворювальних бактерій та БГКП [2].

Фізико-хімічні показники різних зразків сусла наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники зразків сусла

Зразок сусла	Показник	Значення
Сусло з СЦС	Вміст СР, г/100 см ³	$7,0 \pm 0,2$
	Активна кислотність, рН	$4,6 \pm 0,04$
	Загальна кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1 моль/дм ³ на 100 см ³	$1,2 \pm 0,1$
	Амінний азот, мг/100 см ³	$37,1 \pm 0,2$
Сусло з ККС та цукрового сиропу	Вміст СР, г/100 см ³	$7,0 \pm 0,2$
	Активна кислотність, рН	$3,5 \pm 0,05$
	Загальна кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1 моль/дм ³ на 100 см ³	$1,3 \pm 0,09$
	Амінний азот, мг/100 см ³	$30,8 \pm 0,2$
Купажоване сусло з СЦС та сусла з ККС 50:50	Вміст СР, г/100 см ³	$7,0 \pm 0,2$
	Активна кислотність, рН	$4,0 \pm 0,05$
	Загальна кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1 моль/дм ³ на 100 см ³	$1,25 \pm 0,09$
	Амінний азот, мг/100 см ³	$33,6 \pm 0,3$
Купажоване сусло з СЦС та сусла з ККС 70:30	Вміст СР, г/100 см ³	$7,0 \pm 0,2$
	Активна кислотність, рН	$4,2 \pm 0,04$
	Загальна кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1 моль/дм ³ на 100 см ³	$1,22 \pm 0,1$
	Амінний азот, мг/100 см ³	$34,9 \pm 0,2$

Для проведення бродіння було підготовлено 8 зразків сусла: зразок № 1 та № 5 — сусло з ККС та цукрового сиропу; зразок № 2 та № 6 — сусло з СЦС; зразок № 3 та № 7 — купажоване сусло з СЦС та ККС у співвідношенні 50:50; зразок № 4 та № 8 — купажоване сусло з СЦС та ККС у співвідношенні 70:30.

У зразки сусла №№ 1,2,3,4 вносили дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси 14 у кількості 0,15% до об'єму сусла, а у зразки №№ 5,6,7,8 — бактеріальну закваску ТМ «Віво» в такій самій кількості.

Бродіння проводили за температури $28 \pm 1^\circ\text{C}$ до зниження вмісту сухих речовин на 1,0...1,5% та значень кислотності у зразках в межах 2,0...2,5 см³ розчину NaOH концентрацією 1 моль/дм³ на 100 см³ (рис. 1 та рис. 2).

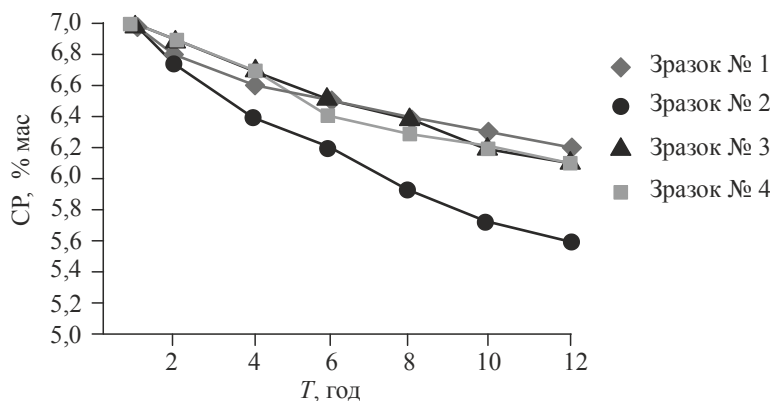


Рис. 1. Динаміка зміни вмісту сухих речовин у зразках, зброджених дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* раси 14

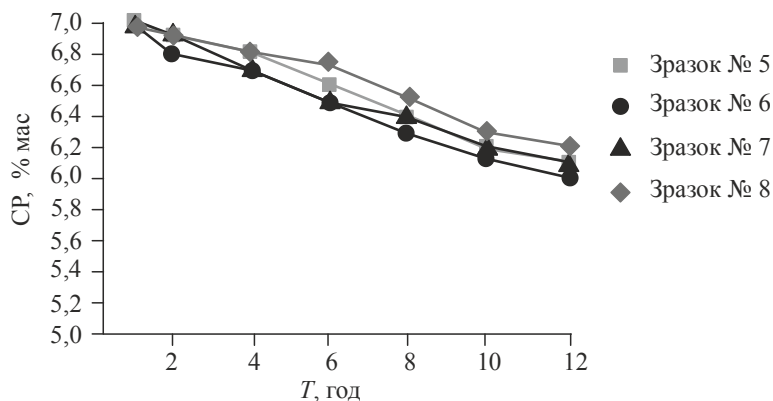


Рис. 2. Динаміка зміни вмісту сухих речовин у зразках, зброджених закваскою ТМ «Віво»

З наведеної на рис. 1 та рис. 2 динаміки зміни СР видно, що процес бродіння у зразках проходив з різною інтенсивністю. Так, зразки з хлібопекарськими дріжджами зброджувались більш інтенсивно, ніж зразки з молочнокислою закваскою.

На 12-у годину бродіння в зразках з дріжджами вміст СР становив 5,6...6,2%, а вміст спирту — 1,13...1,2% об. За цей же час бродіння у зразках з молочнокислою закваскою вміст сухих речовин знизився на 0,8...1,0% і становив 6,0...6,2%, а вміст спирту становив 0,98...1,15% об.

Причому в усіх досліджуваних зразках квасу кислотність знизилась до 2,45...2,50 см³ розчину NaOH концентрацією 1 моль/дм³ на 100 см³, що відповідає вимогам до квасу бродіння [3; 5]. Слід відмітити, що всі визначені фізико-хімічні показники зразків напоїв, представлені у табл. 2, знаходились у межах норми для квасу.

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники зразків ферментованих напоїв

Зразок, №	Показник						
	Вміст СР, %	Дійсний екстракт, %	pH	Вміст спирту, % об	Титрована кислотність, см ³ NaOH, конц. 1 моль/дм ³ на 100 см ³	Кількість виділеного CO ₂ , %	Амінний азот, мг
1	6,2±0,2	6,0±0,06	2,5±0,04	1,13±0,01	2,48±0,1	0,98±0,1	18,25±0,2
2	5,6±0,2	5,5±0,04	3,44±0,05	1,2±0,01	2,5±0,1	1,20±0,2	22,32±0,3
3	6,1±0,2	5,6±0,04	3,56±0,04	1,19±0,01	2,46±0,09	1,16±0,2	20,07±0,2
4	6,1±0,2	5,8±0,04	3,56±0,05	1,18±0,01	2,47±0,2	1,19±0,1	21,10±0,2
5	6,1±0,2	6,0±0,06	2,75±0,05	0,98±0,01	2,45±0,1	0,60±0,1	18,18±0,3
6	6,0±0,2	5,8±0,06	3,44±0,04	1,15±0,01	2,5±0,1	0,57±0,2	21,28±0,2
7	6,1±0,2	6,0±0,04	3,66±0,04	1,05±0,01	2,49±0,09	0,60±0,1	20,16±0,3
8	6,2±0,2	6,1±0,04	3,54±0,04	1,07±0,01	2,5±0,1	0,59±0,1	20,50±0,2

Узразках напоїв, отриманих на основі СЦС та ККС, вміст амінного азоту на 1,82...2,85 мг/100 см³ був більший, ніж у контролі (зразках, отриманих зброджуванням сусла на основі лише концентрату квасного сусла та цукрового сиропу), що свідчить про збагачення зразків квасу на основі СЦС та ККС амінокислотами соку цукрового сорго.

У табл. 3 наведено органолептичні показники досліджуваних зразків напоїв.

Таблиця 3. Органолептичні показники напоїв

Зразок, №	Органолептичні показники				
	Загальний бал	Оцінка	Колір і зовнішній вигляд	Смак	Аромат
1	2	3	4	5	6
1	24	Відмінно	Прозора рідина без сторонніх включень світло-коричневого кольору	Приємний, гармонійний, насичений, солодко-кислий з легкою гірчиною та присмаком хліба	Аромат квашених хлібців, карамельний, хлібний
2	23	Відмінно	Прозора рідина без сторонніх включень світло-солом'яного кольору	Приємний, гармонійний, насичений, солодко-кислий з трав'янистим післясмаком	Легкий трав'янистий
3	23	Відмінно	Прозора рідина без сторонніх включень карамельно-солом'яного кольору	Приємний, гармонійний, насичений, солодко-кислий з легкою гірчиною, присмаком хліба та трав'янистим післясмаком	Легкий карамельний, злегка трав'янистий
4	24	Відмінно			Легкий трав'янистий з тонкими нотками карамелі та хліба

1	2	3	4	5	6
5	25	Відмінно	Прозора рідина без сторонніх включень світло-коричневого кольору.	Приємний, гармонійний, насичений, солодко-кислий з легкою гірчинкою та присмаком хліба	Аромат квашених хлібців, карамельний, хлібний
6	24	Відмінно	Прозора рідина без сторонніх включень світло-солом'яного кольору	Приємний, гармонійний, насичений, солодко-кислий з трав'янистим післясмаком	Легкий трав'янистий
7	24	Відмінно	Прозора рідина без сторонніх включень карамельно-солом'яного кольору	Приємний, гармонійний насичений, солодко-кислий з легкою гірчинкою, присмаком хліба та трав'янистим післясмаком	Легкий карамельний, злегка трав'янистий
8	25	Відмінно	Прозора рідина без сторонніх включень карамельно-солом'яного кольору	Приємний, гармонійний насичений, солодко-кислий з легкою гірчинкою, присмаком хліба та трав'янистим післясмаком	Легкий трав'янистий з тонкими нотками карамелі та хліба

Визначення органолептичних показників отриманих напоїв бродіння проводилось дегустаційною комісією у складі фахівців кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства Національного університету харчових технологій.

За допомогою методу профілювання було побудовано профілограми смаку, післясмаку й аромату ферментованих напоїв з урахуванням таких дескрипторів: гармонійний (збалансований) смак і аромат, кислий смак, трав'янистий присмак, хлібно-карамельний смак і аромат, солодкий післясмак. При цьому застосовували наступну шкалу оцінювання: 0 — ознака відсутня; 1 — ознака ледь відчувається; 2 — ознака має слабку інтенсивність; 3 — помірна інтенсивність ознаки; 4 — значно виражена ознака; 5 — яскраво виражена ознака [8; 11].

Профілограми смаку й аромату досліджуваних зразків наведено на рис. 3.

З профілограм видно, що всі зразки вирізнялись гармонійним, помірно кислим і помірно-солодким смаком. Проте зразки, приготовлені з купажованого сусла, мали досить цікаву ароматику, смак і післясмак, які характеризувались легким трав'янистим присмаком, карамельно-хлібним смаком та ароматом з помірною кислотністю.

Зразки, зброжені закваскою, мали більш яскраву та різноманітну ароматику, ніж зразки, зброжені дріжджами, тому й отримали вищі бали на дегустації. За результатом дегустаційної оцінки найвищі бали отримали зразки № 5 та № 8.

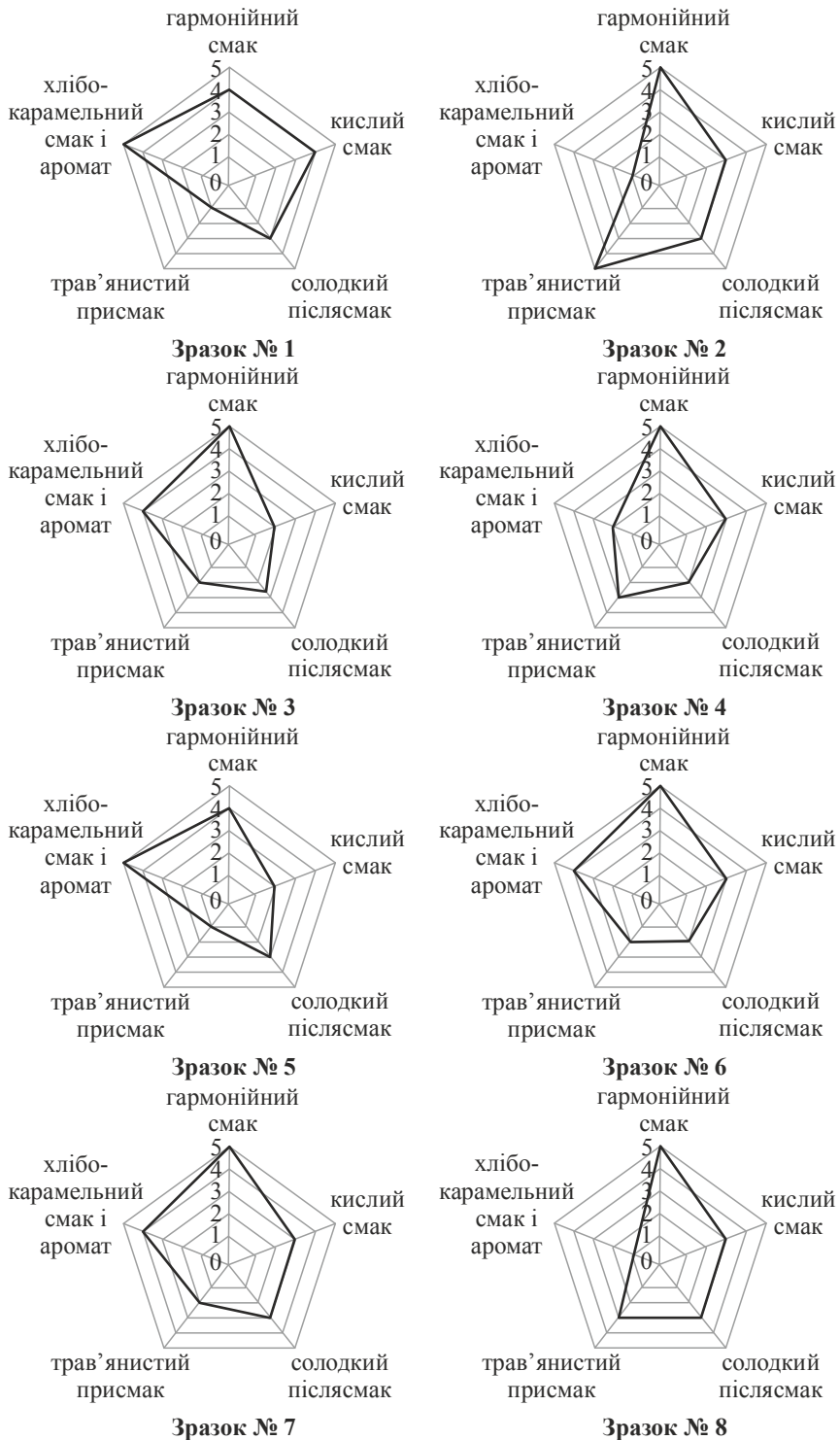


Рис. 3. Профілограми смаку й аромату ферментованих напоїв з різним складом суслу

Висновки

З огляду на вищенаведені результати, для виробництва квасу бродіння з оздоровчими властивостями та з яскравою і різноманітною ароматикою рекомендовано в його рецептурі використовувати ККС та сік цукрового сорго, а для зброджування — бактеріальну закваску ТМ «Віво». Квас, виготовлений на основі сусла з ККС та СЦС, характеризується повним, гармонійним кисло-солодким смаком з трав'яним і карамельно-хлібним присмаком.

Для приготування сусла з СЦС доцільно проводити ферментативний гідроліз високомолекулярних сполук соку, що забезпечить збільшення кількості зброджуваних цукрів і зменшення в'язкості сусла. За результатами дегустаційної оцінки найбільш оптимальним для органолептики майбутнього напою є співвідношення сусла із соку цукрового сорго та сусла з ККС 70:30.

Для проведення процесу бродіння рекомендовано готувати сусло з вмістом $CP 7 \pm 0,1\%$ і зброджувати його за температури $28 \pm 1^\circ C$ протягом 12 год до накопичення спирту в межах $0,8 \dots 1,2\%$ об та зниження кислотності в межах $2,0 \dots 2,5 \text{ см}^3$ розчину $NaOH$ концентрацією 1 моль/дм^3 на 100 см^3 .

Література

1. Бибик И.В., Глинева Ю.А. Перспективы использования экстракта из хвои сосны обыкновенной в производстве функциональных напитков. *Техника и технология пищевых производств*, 2012. № 1. С. 9—13.
2. Грегірчак Н.М. Мікробіологія харчових виробництв: лабораторний практикум. Київ: НУХТ, 2009. 302 с.
3. Іванов С.В., Домарецький В.А., Прибильський В.Л. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства. навч. посіб. Київ: НУХТ, 2013. 455 с.
4. Ковальчук В.П., Григоренко Н.О, Костенко О.І. Цукрове сорго — цукровмісна сировина та потенційне джерело енергії. *Цукрові буряки*, 2009. № 6. С. 6—7.
5. Сбраживание квасного сусла на основе порошкообразного полисолодового экстракта / Коротких Е.А., Востриков С.В., Федоров В.А., Новикова И.В., Корнеева О.С. *Пиво и напитки*, 2011. № 6. С. 34—35.
6. Мелетьев А.Є., Тодосійчук С.Р., Кошова В.М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв навч. посіб. Вінниця: «Нова книга» 2007. 392 с.
7. Мукоїд Р.М., Іванов Є.І., Василів В.П. Виготовлення квасу з нетрадиційної сировини. *Біоресурси і природокористування*, 2018. № 3—4. С. 235—240.
8. Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначання органолептичних показників та об'єму продукції: ДСТУ 7099-Р2009. — [Чинний від 2011-01-01]. — 12 с.
9. Середа В. Сорго цукрове резервна культура для виробництва цукру і не тільки. *Зерно*, 2013. № 8. С. 78—79.
10. Черненко А.В. Шевченко М.С., Дзюбенський Б.В. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти. Дніпропетровськ: 2011. 64 с.
11. A comprehensive sensory evaluation of beers from the Chinese market. Published online in Wiley Online Library. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/jib.43>

THE JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGY OF SAUCE WITH A COMPOSITE MIXTURE OF MUSHROOM POWDERS

M. Kravchenko, I. Kublins'ka

Kyiv National University of Trade and Economics

Key words:

Technology of mushroom sauce
Mushroom powder
Composite mixture of mushroom powders
Security indicators
Complex quality index

Article history:

Received 09.01.2019
Received in revised form 24.01.2019
Accepted 12.02.2019

Corresponding author:

M. Kravchenko
E-mail:
m.f.kravchenko@gmail.com

ABSTRACT

The paper analyzes the potential of the Ukrainian mushroom industry and the possibility of the producing a wide range of the cultivated mushroom food products. The expediency of using a composition mixture of the champignon mushrooms (*Agaricus campestris*), and shiitake (*Lentinula edodes*), reishi (*Ganoderma lucidum*) in the technology of sauces, which has an increased nutritional value, improved organoleptic indicators of quality, a balanced chemical composition and optimal structural and mechanical properties. Powders from dried cultivated mushrooms are used in the technology of the food production and in restaurants.

A rational technology of the sauce with the composition of the mushroom powder and flour is developed with specified levels of quality of this sauce: microbiological, organoleptic, physico-chemical, structural-mechanical quality indicators, biological and nutritional value.

It has been revealed that the sauce has high quality indicators. Thus, the content of proteins and carbohydrates exceeds the control sample (protein 6%, carbohydrates — 16%). The sauce has higher the content of vitamins: thiamine, riboflavin, ascorbic acid. Structural-mechanical indicators of the developed sauce are also higher than the control, the viscosity of the sauce with a composite mixture of the powders of the mushroom is higher by 12%, the marginal tension of displacenebt is higher by 14%. It is found that the comprehensive quality index for developed sauce is 0.81, while the mushroom sauce (control) is 0.75, that is, the complex index of quality of designed sauce is higher than the control.

Thus, it is advisable to use a composite blend of mushroom powders in the technology of sauces production. Manufacture of the sauces using the developed technology is promising for restaurants.

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СОУСУ З КОМПОЗИЦІЙНОЮ СУМІШШЮ ГРИБНИХ ПОРОШКІВ

М.Ф. Кравченко, І.А. Кублінська

Київський національний торговельно-економічний університет

У статті проаналізовано потенціал грибної галузі України та можливості виробництва широкого асортименту харчових продуктів з культивованих грибів. Доведено доцільність використання композиційної суміші грибів печериці (*Agaricus campestris*), шиїтаке (*Lentinula edodes*), рейші (*Ganoderma lucidum*) у технології соусної продукції, що має підвищену харчову цінність, поліпшені органолептичні показники якості, збалансований хімічний склад та оптимальні структурно-механічні властивості. Аргументовано використання порошоків із сушених культивованих грибів у технології продукції харчових виробництв і закладів ресторанного господарства.

Розроблено технологію соусу з композиційною сумішшю грибних порошоків печериці, шиїтаке, рейші та борошна. Експериментальними дослідженнями встановлено показники якості соусу: мікробіологічні, органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні, а також біологічну та харчову цінність.

Виявлено, що розроблений соус має високі показники якості. Так, вміст білків і вуглеводів у розробленому соусі вищий порівняно із соусом грибним з білих грибів (контрольний зразок): вміст білків на 6 %, вуглеводів — на 16%. У розробленому соусі вищий вміст вітамінів: тіаміну, рибофлавіну, аскорбінової кислоти.

Структурно-механічні показники якості розробленого соусу також кращі, порівняно з контрольним соусом. Так, ефективна в'язкість соусу з композиційною сумішшю грибних порошоків вища на 12%, гранична напруга зсуву — на 14%, ніж аналогічні показники контрольного соусу. З'ясовано, що комплексний показник якості розробленого соусу — 0,81, тоді як соусу грибного (контроль) — 0,75. Виробництво соусів за розробленою технологією є перспективним для закладів ресторанного господарства.

Ключові слова: технологія соусу, грибний порошок, композиційна суміш, показники безпеки, комплексний показник якості.

Постановка проблеми. Все більшої популярності в Україні набувають гриби та продукти їхньої переробки, що пояснюється високими смаковими властивостями та харчовою цінністю грибів. Це призводить до суттєвого зростання кількості підприємств, що спеціалізуються на вирощуванні грибів в умовах закритого ґрунту. Так, за 5 останніх років кількість підприємств, що зайняті у вирощуванні печериці, зросла у 6 разів (з 33 до майже 200), гливи — у 2 рази (з 27 до 55). Одночасно із зростаючими темпами вирощування печериць та гливи набуває популярності й культура «екзотичних грибів», таких як шиїтаке, рейші, ерінгі, веселка тощо [1].

Висока біологічна цінність грибів печериці, шиїтаке та рейші пояснюється наявністю унікального комплексу біологічно-активних речовин, які не зустрі-

чаються в інших рослинних продуктах (полісахариди лентинан, хітозан, β -глюкани), а також білків, незамінних амінокислот, макроелементів: натрію, кальцію, магнію, фосфору та мікроелементів: цинку, заліза, селену. Гриби багаті на вітаміни групи В, РР, Р. Такий унікальний склад дає змогу віднести дані гриби та продукти їх переробки до біологічно-цінної сировини та допустити доцільність отримання з них дієтичних добавок і композиційних сумішей з метою застосування в харчових технологіях для підвищення харчової цінності продуктів, зокрема соусів.

Відомо, що свіжі гриби мають обмежений термін зберігання — це пояснюється високим вмістом вологи та ферментів класу оксидоредуктаз, активність яких призводить до потемніння свіжих грибів. Так, гриби печериці, зберігаються не більше 4 діб при температурі 4...7°C та до 10 діб при температурі 0...4°C, відносній вологості 85—90% без доступу повітря [2], гриби шийтаке та рейші — до 5 діб при температурі 0...7°C [3]. Тому актуальною є проблема переробки грибної сировини, зокрема сушіння, з метою отримання грибних порошоків, придатних для тривалого зберігання з високим вмістом поживних біологічно-активних речовин. Такі порошки можна використовувати в різних харчових технологіях як у натуральному вигляді, так і в складі композиційних борошняно-грибних сумішей. Наприклад, у технології продукції з емульсійною структурою: соуси, супи-пюре, вироби з тіста, напої, а також м'ясні паштети та ковбаси. Розроблення технологій комплексного застосування грибних порошоків має соціальний ефект, спрямований на розширення асортименту харчових продуктів підвищеної харчової цінності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняний ринок грибної промисловості зростає швидкими темпами. Так, у 2017 р. в Україні вирощено близько 56 тис. т грибів, з них 50,8 тис. т печериць і 4,9 тис. т гливи й екзотичних грибів [1].

Водночас, з розвитком грибиництва в Україні, зростає й кількість некондиційної грибної сировини: перерослих або занадто дрібних екземплярів, грибів, що мають механічні пошкодження й темні плями площею більше $\frac{1}{4}$ поверхні шапинки, що становить 20—25% від обсягу партії грибів. За статистичними даними вітчизняних аграріїв об'єм некондиційної та другосортної грибної сировини становить 4—6% обсягу вирощуваних грибів закритого ґрунту [4].

Аналіз наукових досліджень вітчизняних учених (А.Н. Макаренко, М.П. Рудик, П.А. Сичова, І.О. Дудки, Н.О. Бісько, Б.П. Колтунова, Л.М. Солодко, О.А. Штанько, Г.О. Сімахіної, Н.К. Черно, В.М. Пасічного, В.А. Гніщевич, Н.С. Чехової та ін.) підтверджує актуальність і перспективність комплексного використання культивованих грибів у харчових технологіях, в тому числі й некондиційної грибної сировини, з метою забезпечення населення України рослинною продукцією підвищеної харчової цінності. Адже некондиційні гриби містять білки (до 35%), незамінні амінокислоти, вуглеводи, ліпіди, в тому числі й поліненасичені жирні кислоти, майже всі групи вітамінів, мінеральні речовини, такі як натрій, фосфор, кальцій, магній, селен, так само, як і гриби вищого сорту. Науковцями доведено, що біологічно-

активні речовини грибів мають протипухлинні, кровотворні, антиалергійні, антиоксидантні, антивірусні властивості, знижують рівень холестерину в крові, сповільнюють розвиток атеросклерозу тощо. Завдяки наявності у складі грибів вітамінів С, D та E і цілого ряду фенольних сполук гриби мають антиоксидантні властивості [5].

Причому вміст зазначених речовин у плодкових тілах грибів, вирощених в штучних умовах на сприятливих за складом середовищах, вищий, ніж в аналогічних культурах, що ростуть у дикій природі.

Тож розроблення технологій харчової продукції з грибами печериці, шийтаке, рейші та продуктами їхньої переробки є перспективним в контексті розвитку сучасного ринку харчових продуктів підвищеної харчової цінності.

Вченими Національного університету харчових технологій І.М. Зінченко та В.А. Терлецькою запропоновано варіанти використання харчоконцентратів на основі їстівних грибів, які виготовляються з грибних порошоків гливи й печериці, характеризуються високою харчовою та біологічною цінністю [6].

Закордонними науковцями запропоновано склад композиційної суміші грибів з метою створення харчової добавки з лікувальними властивостями та протекторною функцією [7]. Композиційна суміш містить грибний порошок шийтаке та мейтаке та рекомендується для використання в технології салатних заправок, енергетичних напоїв, як приправа до основних страв.

Вітчизняними вченими В.М. Пасічним та Ю.А. Ястребою запропоновано технологію порошкоподібного грибного напівфабрикату, що передбачає використання композиційної суміші порошку з сушеної гливи та пряно-ароматичних овочів [8]. Напівфабрикат пропонується використовувати в технології соусної продукції, супів, основних страв.

Київськими науковцями розроблено спосіб виробництва соусу томатного з грибним порошком із міцеліальної біомаси грибів гливи, що містить бульйон м'ясний, томатну пасту, грибний порошок, а також часник, крохмаль кукурудзяний [9]. Запропонований соус має високі органолептичні показники якості, насичений грибний смак.

Відома технологія виробництва соусу грибного з підвищеною харчовою цінністю на основі грибного порошку білого гриба (*Boletus edulis*) [10].

Отже, за результатами проведення аналізу літературних джерел, можна стверджувати, що грибні порошки підвищують харчову цінність соусної продукції. Тому проблема розроблення технології соусів підвищеної харчової цінності з грибними порошками є актуальною. Однак технологія соусів з грибними порошками печериці та шийтаке не в повній мірі висвітлена у літературі. Немає інформації щодо можливих варіантів використання грибного порошку рейші в харчових технологіях. Тож, вважаємо доцільним розроблення технології соусів з використанням продуктів переробки грибів (грибних порошоків та їх композиційних сумішей) з подальшим дослідженням показників якості розробленої продукції.

Мета статті: розроблення технології та дослідження комплексного показника якості соусу з композиційною сумішшю грибних порошоків з печериці (*Agaricus campestris*), шийтаке (*Lentinula edodes*), рейші (*Ganoderma Lucidum*).

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Розробити технологію композиційної суміші з грибних порошків і борошна пшеничного з метою подальшого використання у технології соусної продукції.

2. Запропонувати технологію соусної продукції з композиційною сумішшю грибних порошків із заданою консистенцією та фізико-хімічними показниками якості, а саме: розробити технологію соусу з композиційною сумішшю грибних порошків печериці (*Agaricus campestris*), шиїтаке (*Lentinula edodes*), рейші (*Ganoderma lucidum*) та борошна пшеничного.

3. Проаналізувати показники якості розробленого соусу з метою подальшого раціонального використання у технології соусної продукції харчових виробництв і закладів ресторанного господарства.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження було обрано порошки з грибів печериці (ТУ У 01.1-19043940-001:200), шиїтаке та рейші (ТУ У 01.1-16304966-047-2002), у композиційній суміші з борошном пшеничним (ДСТУ 46.004:99).

Грибні порошки отримано в результаті конвекційного сушіння печериці, шиїтаке та рейші в сушильній шафі СП-50 та подрібнено на лабораторному млині М-20 (ІКА) до розміру частинок $0,02\text{—}0,05 \cdot 10^{-3}$ мм.

Експериментальні дослідження фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних показників якості соусу з композиційною сумішшю грибних порошків проводилися стандартними загальноприйнятими органолептичними, фізико-хімічними, реологічними, мікробіологічними методами, які виконувалися з використанням сучасних комп'ютерних технологій, методики математичного моделювання та статистичного оброблення експериментальних даних.

Комплексну оцінку якості досліджуваного соусу поводити кваліметричним методом [11].

Викладення основних результатів дослідження. Розробці технології соусу з грибними порошками печериць (*Agaricus campestris*), шиїтаке (*Lentinula edodes*) та рейші (*Ganoderma lucidum*), отриманих методом конвективного сушіння та подрібнених до розміру часточок $(0,03\text{...}0,05) \cdot 10^{-3}$ м, передувала оптимізація його рецептури. Вивчалась можливість комбінування грибних порошків у композиційній суміші з борошном пшеничним (як згущувачем), з метою зменшення частки борошна у складі соусу та підвищення харчової цінності розроблених соусів за рахунок біологічно-активних речовин грибів.

Як вхідні змінні рецептури соусу грибного підвищеної харчової цінності були використані такі величини:

x_1 — кількість порошку грибів печериці, що додається в соус;

x_2 — кількість порошку грибів шиїтаке;

x_3 — кількість порошку рейші;

$100 - (x_1 - x_2 - x_3)$ — кількість борошна пшеничного вищого гатунку.

Вихідним параметром оптимізації було прийнято структурно-механічні властивості розробленого соусу — в'язкість при швидкості зсуву 50 c^{-1} та

гранична напруга зсуву системи. З цією метою використано метод математичного планування експерименту для знаходження раціональних параметрів. На основі проведених досліджень було проведено обробку даних математичного експерименту з знаходженням функцій відгуку по всіх параметрах за допомогою програмного забезпечення MS Excel. За контрольний зразок було прийнято соус грибний за рец. № 686 Збірника рецептур страв і кулінарних виробів [12].

Згідно із загальною теорією проведення експериментальних досліджень, для визначення коефіцієнтів кореляції, був застосований метод повнофакторного експерименту. Функціями, що характеризують обмеження процесу обробки, прийняті:

$$(x_1; x_2; x_3) \geq 0; 100 - (x_1 - x_2 - x_3) \geq 0; 10 \leq x_1 \leq 40, 1 \leq x_2 \leq 10, 1 \leq x_3 \leq 10.$$

При розрахунках допущено відносну погрішність $1 \cdot 10^{-6}$, допустиме відхилення 5%. Знайдене рішення при таких параметрах має максимально наближені до контрольного зразка показники в'язкості та граничної напруги зсуву. Звідси оптимальне співвідношення інгредієнтів композиційної суміші грибних порошоків борошна пшеничного (КСГП) становить 3:1:1 (печериці: шийтаке: рейші та борошно пшеничне).

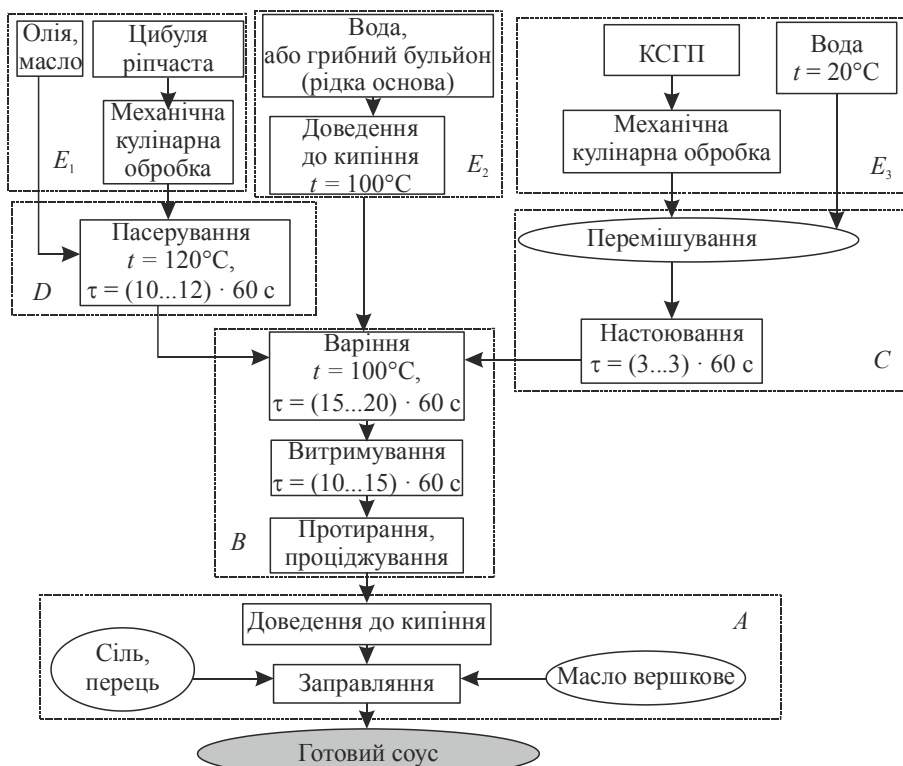


Рис. 1. Технологічна схема виробництва соусу з КСГП

Технологія виробництва соусу з КСГП включає такі технологічні підсистеми: Е — «Механічна кулінарна обробка інгредієнтів соусів», Д — «Попередня теплова обробка», С — «Отримання грибної суспензії (дисперсної системи грибних порошоків та води)», В — «Варіння соусу», А — «Доведення до смаку та відпускання готового соусу».

Технологічну схему виробництва соусу з КСГП наведено на рис. 1.

Для комплексної оцінки якості новоствореного соусу було проведено дослідження показників безпечності, фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних показників якості порівняно з аналогічними показниками контрольного соусу «Грибного» приготовленого за рец. № 868 Збірника рецептур страв і кулінарних виробів [12].

Оскільки для соусів грибних, приготовлених згідно із Збірником рецептур, не наводяться показники якості в таких нормативних документах як ТУ та ДСТУ, то для розрахунку еталонних та бракувальних показників якості застосовано експоненціальну залежність, покладену в основу шкали бажаності Харрінгтона [10].

Відносний показник якості знаходили за формулою:

$$P_i = \frac{(p_i - P_{i\text{бр}})}{(P_{i\text{ет}} - P_{i\text{бр}})}, \quad (1)$$

де P_i — показник якості в безрозмірному вигляді (відносний показник); p_i — показник якості в натуральному вигляді; $P_{i\text{бр}}$ — бракувальне (найгірше) допустиме значення показника; $P_{i\text{ет}}$ — еталонне (найкраще) значення показника.

За еталонне значення для всіх органолептичних показників взято оцінку 5 балів, за бракувальне — 2 бали.

Комплексний показник якості соусів розраховано на основі відносного показника P_i з врахуванням коефіцієнтів вагомості за формулою:

$$Q = \sum_{i=1}^n a_i \cdot P_i, \quad (2)$$

де Q — комплексний показник якості; a_i — коефіцієнт вагомості.

Коефіцієнт вагомості одиничних показників якості обраховували як середній зважений арифметичний відносний показник за номінальними і гранично припустимими значеннями показників якості.

Дані досліджень зведено у табл. 1.

Таблиця 1. Комплексна оцінка якості соусу з КСГП

Одиничні показники якості	a_i	Одиниця вимірювання	$P_{i\text{ет}}$	$P_{i\text{бр}}$	Соус з КСГП		Контроль		Різниця $P_i, \%$
					p_i	P_i	p_i	P_i	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Органолептичні показники									
Зовнішній вид, консистенція	0,33	бали	5,0	2,0	4,68	0,89	4,89	0,96	-7

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Колір	0,33		5,0	2,0	4,6	0,86	4,95	0,98	-12
Смак і запах	0,33		5,0	2,0	4,7	0,87	4,9	0,96	-9
Фізико-хімічні показники									
Масова частка сухих речовин	0,037	%	7,6	2,28	6,02	0,68	6,07	0,72	-4
Активна кислотність	0,036	од.	7,8	2,35	6,49	0,79	6,27	0,72	7
Титрувальна кислотність	0,92	%	0,38	0,9	0,132	0,94	0,84	0,15	-1,8
Структурно-механічні показники									
В'язкість	0,99	Па·с ⁻¹	0,55	0,15	0,51	0,9	0,42	0,78	12
Гранична напруга зсуву	0,01	Па	53	19,9	48	0,84	43	0,7	14
Енергетична цінність*									
Білки	0,58	г	1,04	0,3	0,885	0,79	0,83	0,73	6
Жири	0,09		7,0	2,1	4,17	0,42	5,45	0,68	-26
Вуглеводи	0,33		1,8	0,5	1,6	0,85	1,4	0,69	16
Харчова цінність*									
<i>Макронутрієнти</i>									
Біозасвоєваність білка	0,02	мг	20,0	7,0	9,96	0,23	13,86	0,53	-30
Вітамін В ₁ (тіамін)	0,45		0,07	0,01	0,05	0,66	0,027	0,28	38
В ₂ (рибофлавін)	0,23		1,38	0,51	1,23	0,82	1,1	0,68	14
РР (ніацин)	0,05		1,5	0,3	0,65	0,29	0,8	0,42	-13
С (аскорбінова к-та)	0,25		3,0	0,9	2,64	0,83	2,1	0,57	26
<i>Мікронутрієнти</i>									
Натрій	0,01	мкг	523	192	415	0,67	419	0,68	-1
Калій	0,02		119	44	108,5	0,86	95,3	0,68	18
Кальцій	0,1		12,6	5,0	12,01	0,92	10,08	0,67	25
Магній	0,62		10	0,5	3,5	0,42	2,15	0,23	19
Залізо	0,25		0,6	0,2	0,34	0,35	0,44	0,6	-25
Комплексний показник якості Q						0,81		0,75	6

* Розрахунок енергетичної та харчової цінності на 100 г продукту.

Аналізуючи отримані дані, можна стверджувати, що соус з композиційною сумішшю грибних порошків печериці, шіітаке, рейші та борошна пшеничного має вищий комплексний показник якості на 6%, порівняно з контрольним соусом грибним. А також вищі показники в'язкості та граничної напруги зсуву, енергетичної цінності та мікронутрієнтного складу. Так, вміст білків соусу з КСПП перевищує контроль на 6%, вміст вуглеводів — на 16%.

Вміст жирів у розробленому соусі на 26% нижчий контрольного соусу, що є позитивним в контексті збалансованого низькокалорійного харчування.

Відмічено вищий вміст таких мікронутрієнтів, як калій, кальцій, магній у розробленому соусі, порівняно з контролем. Вміст натрію наближений до контролю (різниця 1%).

У розробленому соусі вищий вміст тіаміну (на 38%), рибофлавіну (на 14%), аскорбінової кислоти (на 26%). Однак соус з КСГП має менший вміст ніацину (на 13%) порівняно з контролем і нижчий рівень засвоєння білків (на 30%), що зумовлює потребу пошуку раціональних рішень щодо модифікування складу композиційної суміші з грибними порошками, для збільшення рівня засвоєння білку грибних порошоків.

Розроблений соус з КСГП є зручним у приготуванні та має високі поживні властивості, може бути рекомендованим для споживання широкому загалу споживачів соусної продукції.

Висновки

Отже, за результатами проведених досліджень можна обґрунтувати можливість ефективного використання грибних порошоків печериці, шийтаке та рейші в технології соусної продукції як для харчових виробництв, так і для закладів ресторанного господарства. Встановлено раціональну частку грибних порошоків та борошна пшеничного у складі композиційної суміші з грибними порошками (КСГП). Доведено, що соуси грибні з КСГП мають кращі структурно-механічні властивості, вищий вміст макро- та мікронутрієнтів, а тому характеризуються підвищеною харчовою цінністю.

У подальшому планується удосконалення складу композиційної суміші з грибними порошками та борошном пшеничним для використання в технології соусів з метою збільшення вмісту ніацину в них і біозасвоєваності білків.

Література

1. Цизь О.М., Приліпка О.В. Стан галузі грибівництва в Україні та світі. *Система електронного дорадництва. Дорада*. 2018. UKR: <http://edorada.org/articles/460> (дата звернення: 27.08.2018 р.)
2. ДСТУ ЕЖ ООН FFV-24:2007. Гриби культивовані (Agaricus). Настанови щодо постачання і контролювання якості. (ЕЖ ООН FFV-24:2004, IDT). [Чинний від 2007-24-12]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 3 с.
3. Петюшев Н.Н., Трухановець В.В. Технология промышленного выращивания и переработки грибов шиитаке. *Пищевая пром-сть*. 2009, № 1(3). С. 35—40.
4. Косяк О.А. Экспортно-импортна торгівля продукцією грибного виробництва. *Вісн. Харк. аграр. нац. ун-ту*. Вип. 2. Харків, 2010. С. 34—39.
5. Biological and pharmaceutical activities of mushroom β -glucan discussed as a potential functional food ingredient (2017). Asma Ashraf Khan, Adil Gani, Firdous A. Khanday, F.A. Masoodi// Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. December 2017.
6. Зінченко І.М., Терлецька В.А. Харчконцентрати на основі їстівних грибів. *Науково-технічні розробки та інноваційні технології*. Київ:НУХТ, 2010. С. 26
7. Mushroom compositions and methods for making and using/ (2006) Robert Newman, Paul Schulick. Patent Application Publication (10) Pub. No.: US 2011/0189220 A1. Pub. Date: Aug. 4, 2011.

8. Пасічний В.М., Ястреба Ю.А. Обґрунтування параметрів сушіння грибів під час виробництва порошкоподібного напівфабрикату. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2009. Вип. 2. С. 204—209. UKR: http://nbuv.go.v.ua/UJRN/Pt_2009_2_32 (дата звернення: 22.11.2018 р.)

9. Композиція для виробництва томатних соусів на основі грибів. пат. 101443 Україна: A23L 1/39, A23L 1/28; заявл. 31.03.15; опубл. 10.09.15, Бюл. № 17. 6 с.

10. Food preparation with mushrooms and making process. European patent specification. A23L 23/00 (2016.01) A23L 29/269 (2016.01) A23L 27/00 (2016.01) A23L 27/10 (2016.01). International application number: PCT/IB2014/061088. Date of filing: 29.04.2014. International publication number: WO 2014/181219 (13.11.2014 Gazette 2014/46)

11. Топольник В.Г., Ратушний А.С. Кваліметрія в ресторанном господарстві: монографія. Донецьк: ДонНУЗТ, 2008. 243 с.

12. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания; за ред. А.И. Здобнов [и др.]. К.: А.С.К., 2001. 656 с.

THE DEVELOPMENT OF OXYSTABLE COMPOSITIONS OF AYURVEDIC SPICES MIXTURES FOR COSMETIC INDUSTRY

I. Radziewska, V. Pasichnyi, N. Yushchenko, U. Kuzmyk

National University of Food Technologies

Key words:

Ayurveda
Ayurvedic cosmetic products
Spices oil extracts
Autooxidation
Phenolic compounds

Article history:

Received 17.01.2019
Received in revised form 04.02.2019
Accepted 15.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Expediency of creation of new cosmetic products based on one of earliest holistic systems of human health rehabilitation — Ayurveda — was proved. The base of such products is development of composition of Ayurvedic spices mixtures (masala) for different energy constitutions — Vata, Pitta, Kapha. Analysis of spices' properties was conducted and their combination in certain compositions was proved: for Vata and Kapha — cumin and black pepper, coriander and black pepper, rosemary and thyme; for Pitta — barberry and coriander. The universal spice, which may be recommended for cosmetic products of all three types of constitutions, is cardamom.

The oil extracts were obtained through maceration with sunflower refined deodorized oil with the duty of water 1:5 and process time — 10 days. Change in quality attributes of oil extracts samples upon storage during 8 weeks under conditions of autoxidation (temperature is $22 \pm 2^\circ\text{C}$) with free access of light and air was determined. The initial value of peroxide index was 10 mmol/2O/kg. It was determined that accumulation of peroxides in all extracts happens slowly during first 4 weeks and accelerates at the end of this period. It was determined that oil extract of cardamom appears to be the most stable compared to other examined extracts: its peroxide index has increased by 2,8 mmol/2O/kg, that is much less than the other examined extracts (on the basis of cumin and black pepper — by 4.2 mmol/2O/kg; coriander and black pepper — by 4.5; rosemary and thyme — by 6.1; barberry and coriander — respectively by 4.0 mmol/2O/kg); this happens due to high concentration of natural antioxidants in cardamom. It was determined that in oil extract of cardamom there are monoterpenes of α -pinene and 1.8-cineole, which compose readily volatile fractions of essential oils, which belong to inhibitory agents of free-radical oxidation.

РОЗРОБКА ОКСИСТАБІЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙ АЮРВЕДИЧНИХ СУМІШЕЙ ПРЯНОЦІВ ДЛЯ КОСМЕТИЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

І.Г. Радзівська, В.М. Пасічний, Н.М. Ющенко, У.Г. Кузьмик
Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано доцільність створення нових косметичних засобів на основі однієї з найдавніших холистичних систем оздоровлення людини — Аюрведи. Основою таких засобів є розробка складу аюрведичних сумішей натуральних пряноців (масал) для різних енергетичних конституцій — Вати, Пітти та Капхи. Здійснено аналіз властивостей пряноців та обґрунтовано їх поєднання у складі композицій: для Вати та Капхи — кмін і чорний перець, коріандр і чорний перець, розмарин і чебрець; для Пітти — барбарис та коріандр. Універсальною пряністю, що може бути рекомендована для косметичних засобів усіх трьох типів конституції, є кардамон.

Олійні екстракти пряноців одержано методом мацерації соняшниковою рафінованою дезодорованою олією за гідромодуля 1:5 і тривалості процесу 10 діб. Визначено зміну показників якості зразків олійних екстрактів за зберігання протягом 8 тижнів за умов автоокиснення (температура $22 \pm 2^\circ\text{C}$) при вільному доступі світла і повітря. Вихідне значення пероксидного числа становило $10 \text{ ммоль}^{1/2}\text{O}/\text{кг}$. Визначено, що накопичення пероксидів в усіх екстрактах відбувається повільно протягом перших чотирьох тижнів і прискорюється після завершення цього періоду. Встановлено, що олійний екстракт кардамону є найбільш стабільним порівняно із рештою досліджуваних екстрактів: пероксидне число у ньому зросло на $2,8 \text{ ммоль}^{1/2}\text{O}/\text{кг}$, що значно менше, ніж у решти екстрактів (на основі кмину та чорного перцю — на $4,2 \text{ ммоль}^{1/2}\text{O}/\text{кг}$; коріандру та чорного перцю — на $4,5$; розмарину та чебрецю — на $6,1$; барбарису та коріандру — відповідно на $4,0 \text{ ммоль}^{1/2}\text{O}/\text{кг}$), що пов'язано з підвищеним вмістом у кардамоні природних антиоксидантів. Встановлено наявність в олійному екстракті кардамону монотерпенів α -пінену та 1,8-цинеолу, які складають легколеткі фракції ефірних олій, що належать до інгібіторів вільнорадикального окиснення.

Ключові слова: Аюрведа, аюрведичні косметичні засоби, олійні екстракти пряноців, автоокиснення, фенольні сполуки.

Постановка проблеми. Косметична промисловість веде постійний пошук активних інгредієнтів і рецептурних рішень. Дослідження косметичного ринку вказують на зростання попиту на натуральну косметику. В 2016 році він у 5 разів перевищував попит на звичайну косметику, тож очікується, що в нинішньому році ця цифра дедалі зростатиме [1].

Перспективним є розробка нових натуральних косметичних засобів на основі традицій однієї із найдавніших холистичних медичних систем — Аюрведи. За аюрведичним вченням основу Всесвіту складають п'ять першо-

елементів — етер, повітря, вода, вогонь та земля, які у поєднанні між собою дають життя трьом дошам, або енергетичним субстанціям [2]. Поєднання етеру та повітря дало початок легкій і сухій Вата доші, вогню та води — вологій і гарячій Пітта доші, води та землі — холодній і важкій Капха доші. Все у навколишньому світі, у тому числі й людина, має у своїй основі унікальне поєднання трьох енергетичних субстанцій — дош, які визначають його властивості та особливості взаємодії. Залежно від доші розрізняють людей із Вата, Пітта та Капха конституціями. За аюрведичною наукою основою здорового життя людини є підтримання даного їй природою балансу дош. Природно, вплив зовнішніх факторів — сезон року, неправильний режим дня та харчування, перевтома, нервові напруження тощо може спричинити порушення енергетичної рівноваги й призвести до погіршення загального стану здоров'я і, як наслідок, зовнішнього вигляду та появи ознак раннього старіння [3; 4].

Тому розробка нових видів косметичних препаратів на основі аюрведичних принципів забезпечення балансу дош із залученням натуральної сировини, без тваринних білків і синтетичних добавок, є перспективним напрямом наукових досліджень.

Сьогодні на ринку косметичної продукції функціонують декілька промислових компаній, найвідоміша з них «Himalaya», однак ніша далека від свого насичення [5; 6].

Український ринок парфумерно-косметичних товарів є одним з найбільш містких і перспективних серед інших непродовольчих товарів. На сучасному етапі для вітчизняних виробників головні завдання — це покращення якості і розширення асортименту продукції, підвищення її конкурентоспроможності. Нині асортимент натуральних косметичних засобів не досяг насичення у своєму сегменті ринку, тому розробка нових рецептур із застосуванням нового виду сировини, в тому числі з антиоксидантними властивостями, є актуальним науково-практичним завданням [7; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розроблено композиційні суміші (масали) натуральних прянощів для їх подальшого використання у технології косметичних засобів з аюрведичними властивостями.

Здійснено порівняльний аналіз аюрведичних властивостей окремих прянощів та обґрунтовано доцільність їх поєднання для людей різних конституційних типів (Вата, Пітта, та Капха).

Для складання аюрведичних сумішей прянощів (масал) були використані: кмін, чорний перець, плоди барбарису, коріандр, чебрець і кардамон.

Плоди *барбарису* (*Berberis* Spp *Berberidaceae* *Berberis*) володіють особливою зігрівуючою силою (прабхава), що визначає його специфічну здатність руйнувати Аму або токсини у тканинах організму. Йому властива здатність зменшувати Пітту та Капху доші і, відповідно, збільшувати Вата дошу. Плоди барбарису містять цукри (глюкоза, фруктоза, каротин, вітаміни К та С (до 172 мг%), лимонну, яблучну, винну кислоти, алкалоїди (берберин), дубильні, пектинові речовини, забарвлюючі сполуки та мінеральні солі. Благотворно діє на систему кровообігу та поліпшує обмінні процеси. Ягоди

барбарису мають виражену бактерицидну дію і використовуються для лікування запальних процесів, олійні екстракти використовуються у косметології [9].

Сухий корінь імбиру (*Zingiber officinale*, Zingiberaceae) характеризується специфічним гостро-солодкуватим смаком і пряним ароматом, вираженою зігріваючою дією. Ефірна олія має блідо-жовтий, жовто-зелений або бурштиновий колір, свіжий деревно-пряним ароматом з нотами апельсина, лимона і коріандру. Імбир є, напевно, найкращою і найбільш саттвочною із прянощів та діє на всі тканини організму. Сприяє підвищенню Пітта доші, стабілізує Вату та Капху. Він також розслаблює м'язи та знімає спазми, покращує обмінні процеси, сприяє підвищенню імунітету, пришвидшує кровообіг, має бактерицидні властивості [3; 4].

Кардамон (*Elettaria cardamotum*) (насіння) характеризується одночасною наявністю усіх п'яти смаків (окрім терпкого). Насіння містить 4—8% ефірної олії безбарвного або світло-жовтого кольору. Аромат — пряний, солодкуватий, з деревними, бальзамічними, квітковими і камфорними нотками. Кардамон є одним з найкращих безпечних стимуляторів травної системи, стимулює самана-вайю, розпалює Агни, знижує Капха дошу. Кардамон є однією із найбільш саттвічних пряностей та сприяє пом'якшенню потоків прани (життєвої енергії) в організмі, стимулює розумову діяльність, дає відчуття ясності та радості [3; 4].

Кмин (*Carum carvi*) — насіння характеризуються гострим смаком, має зігріваючий вплив і підсушуючий ефект. Сприяє балансуванню всіх трьох дош. Найбільший вплив має на шкіру, лімфатичну систему та м'язову тканину. Аромат ефірної олії — солодкий, різкий, злегка перцевий. Зменшує біль, має протисудомну та заспокійливу дію.

Антиоксидантна дію кмину запобігає розвитку новоутворень, а також сприяє руйнуванню Ами та виведенню токсинів з організму [3; 4].

Коріандр (*Coriandrum sativum*) — насіння містить у середньому 1,2% ефірної олії. Аромат насіння має приємний, теплий, пряний з відтінком апельсинової цедри. Насінні має гіркий і гострий смак (расу), охолоджуючий ефект, впливає на кров, м'язи, травну та дихальну системи. Забезпечує баланс усіх трьох дош, але потребує уваги при високому рівні Вати з проявами недостатності нервової тканини. Є саттвочною спецією, що сприяє накопиченню позитивних емоцій, допомагає мобілізувати організм до подолання психологічних навантажень, покращує стійкість до негативних проявів оточуючого середовища [3, 4].

Розмарин (*Rosmarinus officinalis*) — використовуються висушені листя, аромат — сильний, свіжий, чистий, проникаючий, теплий, затишний, гіркуватий, пряний, трав'янисто-м'ятний з деревно-камфорним бальзамічним відтінком, освіжаючий і збудливий. Висушені листя розмарину мають гострий, гіркий і солодкий смак (расу), зігріваючий і підсушуючий ефект. Сприяє балансуванню Вати та Капхи, але підвищує Пітту. Найбільший вплив має на процеси кровообігу, шкіру, м'язову та нервову тканини, ендокринну систему. Виявляє стимулюючу, спазмолітичну, тонізуючу й антисептичну дію, використовується як прекрасний антидепресант. Обережно розмарин викорис-

товується при підвищеному тиску, широко використовується для приготування олійних суміше для масажу, косметичних засобів та у ароматотерапії [3; 4; 10].

Чебрець (Thymus serpyllum) — насіння має гострий смак і зігріваючий ефект. Сприяє балансуванню Вата та Капхи, але збуджує Пітту. Виявляє антисептичну, імуностимулюючу та тонізуючу дію, має вплив на нервову систему, є антидепресантом. Вміст ефірної олії — близько 2%. Аромат — теплий, глибокий, олійно-пряний з верхніми свіжими нотками і глибокою деревно-трав'янистої основою з вираженою гірчинкою, що нагадує запах свіжого перцю. Використовується при інфекційних захворюваннях і порушеннях обміну речовин. Обережно слід ставитись до використання чебрецю при підвищеному тиску, захворюваннях нирок, гастриті та епілепсії [3; 4]

Чорний перець (Piper nigrum) — на санскриті чорний перець має назву Марич, це одне з імен сонця, і чорний перець отримав її завдяки великому вмісту в ньому сонячної енергії. Вміст ефірної олії у плодах становить близько 2,0%, аромат теплий, приємний, виражено-зігріваючий і абсолютно характерний для даної пряності. Плоди цієї рослини мають гострий смак, зігріваючий ефект, його застосування сприяє балансуванню Вата і Капха дош, стимулює Пітта дошу. Крім того, плоди чорного перцю покращують циркуляцію крові, діяльність нервової системи й обмінні процеси. Він руйнує Аму, при застосуванні на жировій основі (зокрема масла гхі), сприяє зменшенню застійних явищ та запалень шкіри. Але при надмірному вживанні, зважаючи на раджастичні властивості, може подразнювати слизові оболонки та поверхню шкіри [3; 4].

Метою дослідження є розробка складу та перевірка стабільності олійних екстрактів аюрведичних сумішей натуральних прянощів для використання їх у рецептурах косметичних засобів.

Матеріали і методи досліджень. Олійні екстракти одержано методом мацерації соняшниковою рафінованою дезодорованою олією за гідромодуля 1:5 і тривалості процесу 10 діб. Для дослідження складу і стабільності одержаних екстрактів використано теоретичні й експериментальні методи дослідження. Органолептичні та фізико-хімічні показники визначали за стандартними для олійно-жирової галузі методиками. Ідентифікація фенольних речовин кардамону згідно МВИ 17/45-09 «Методика виконання вимірювань ароматизаторів хромато-мас-спектрометрії (GC-VS) з використанням парофазної приставки». Детекцію легколетких терпенів здійснено за допомогою газорідного хроматографа виробництва фірми Hewlett-Packard HP6890/5973 з мас-селективним детектором і парофазною приставкою G1888 [11].

Результати і обговорення. На підставі аналізу властивостей вищезазначених прянощів і можливості їх поєднання на основі сенсорного дослідження ароматів були складені композиції для різних конституцій:

1. Для конституції Вата, Капха: кмін + чорний перець, коріандр + чорний перець, розмарин + чебрець.
2. Для конституції Пітта: барбарис + коріандр.
3. Універсальною пряністю для всіх трьох типів конституції Вата, Пітта та Капха обрано кардамон.

Класичні інгредієнти аюрведичної косметики — це натуральні трави та прянощі, що надають їй не тільки приємного аромату, а й сприяють відновленню природного балансу дош в організмі. Ці компоненти поєднуються в косметичних засобах за особливими правилами, в яких враховуються їхні загальні властивості, сила впливу, а також специфіка дії. Мистецтво застосування прянощів полягає в умінні робити масалу (суміш прянощів чи трав). Органолептичні показники олійних екстрактів сумішей прянощів для різних типів конституції наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Органолептичні показники та компонентний склад олійних екстрактів сумішей прянощів

№ поз	Показники	Характеристика олійного екстракту		
		для конституції Вата, Капха:	для конституції Пітта:	універсальний
		кмин + чорний перець розмарин + чебрець, коріандр + чорний перець	барбарис + коріандр	кардамон
1	Зовнішній вигляд	Прозора рідина		
2	Запах	Яскраво виражений, характерний для вихідної сировини	Присмний слабо-виражений, характерний для вихідної сировини	Виражений, характерний для вихідної сировини
3	Інтенсивність аромату	Сильна	Слабка	Середня
4	Колір	Коричневий	Темно-жовтий	Світло-зелений

З даних табл. 1 видно, що всі запропоновані масали володіють властивостями, які дають змогу застосовувати їх у рецептурах аюрведичної косметики. Для забезпечення стандартних якісних показників олійних екстрактів протягом терміну зберігання перевіряли їх стійкість до окиснення. Нині єдиним нормованим показником окислення косметичних олій, від якого залежить термін їх придатності, є пероксидне число, що характеризує концентрацію первинних продуктів окиснення.

Експеримент з окиснення екстрактів олійних сумішей проведено методом автоокиснення в скляному посуді з темного скла об'ємом 100 см³ при кімнатній температурі на прямому сонячному світлі протягом 58 діб. Визначали зміну показників якості зразків олійних екстрактів протягом періоду зберігання до восьми тижнів за умов авто окиснення — температура 22±2°C при вільному доступі світла і повітря (рис. 1). Вимірювали вихідне значення пероксидного числа як головного показника вмісту первинних продуктів окиснення та через кожні 7 діб до досягнення 10 ммоль¹/₂O/кг.

З графіка на рис. 1 видно, що накопичення пероксидів в усіх екстрактах відбувається повільно протягом перших чотирьох тижнів і прискорюється після завершенню цього періоду. Такий перебіг накопичення пероксидів відповідає загальноприйнятим уявленням про механізм вільнорадикального

окиснення ліпідів. Слід зазначити, що олійний екстракт кардамону є найбільш стабільним наприкінці дослідження, якщо порівняти з рештою досліджуваних екстрактів.

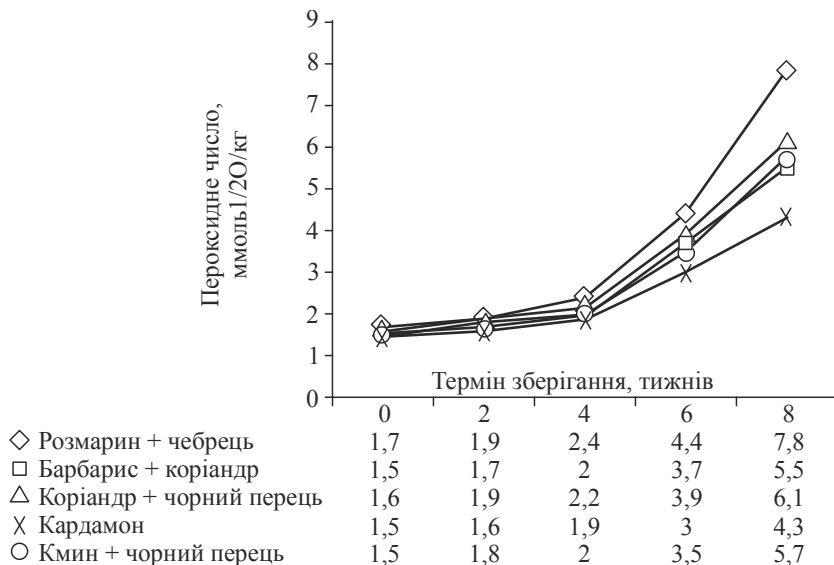


Рис. 1. Кінетика автоокиснення олійних екстрактів сумішей прянощів

Для оцінки антиоксидантних властивостей екстрактів, крім вивчення перебігу накопичення пероксидів, важливо встановити кінетичні характеристики окиснення. Нами встановлено зміну пероксидного числа (ПЧ), середню швидкість окиснення та зміну швидкості окиснення п'яти олійних екстрактів аюрведичних сумішей масала протягом восьми тижнів зберігання (табл. 2).

Таблиця 2. Кінетичні параметри окиснення олійних екстрактів

№ пп	Олійний екстракт	ПЧ на початку зберігання, ммоль ¹ / ₂ O/кг	ПЧ наприкінці зберігання, ммоль ¹ / ₂ O/кг	ΔПЧ	Середня швидкість окиснення V
Для конституції Вата, Капха					
1	Кмин + чорний перець	1,5	5,7	4,2	0,072
2	Розмарин + чебрець	1,7	7,8	6,1	0,105
3	Коріандр + чорний перець	1,6	6,1	4,5	0,078
Для конституції Пітта					
4	Барбарис + коріандр	1,5	5,5	4,0	0,069
Універсальна					
5	Кардамон	1,5	4,3	2,8	0,048

Аналіз кінетики окиснення олійних екстрактів за величиною ПЧ показав переважну стабільність екстракту з кардамону. Значення його пероксидного

числа зросло на 2,8 ммоль¹/₂О/кг, що значно менше, ніж у решти екстрактів. Одержаний результат підтверджується розрахованою швидкістю окиснення. А саме: швидкість окиснення екстракту кардамону становить 0,048, що значно нижче за швидкість окиснення решти екстрактів. На нашу думку, виявлений ефект зниження окиснюваності в олійних екстрактах аюрведичних сумішей масала пов'язаний із вмістом природних антиоксидантів у кардамоні.

Вміст фенольних компонентів в олійному екстракті кардамону встановлено методом високоефективної газорідинної хроматографії (рис. 2).

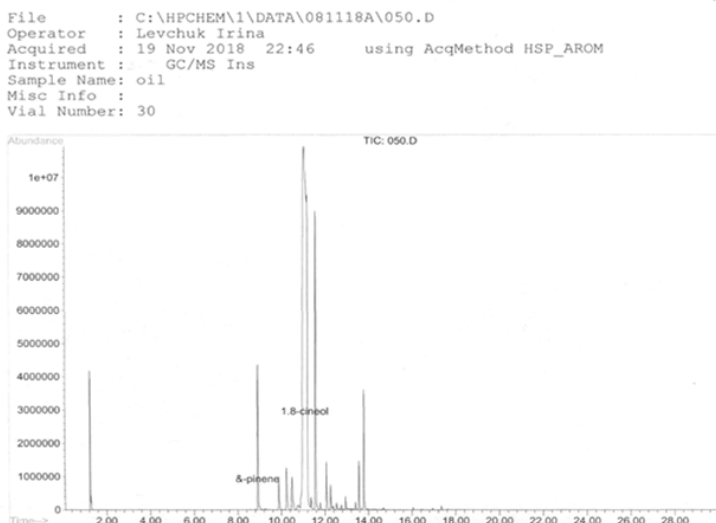


Рис. 2. Хроматограма легколетких компонентів кардамону

Характеристика ідентифікованих сполук наведена в табл. 3.

Таблиця 3. Властивості фенольних леткої фракції кардамону

Властивість	Пінен	Цинеол
Формула	C ₁₀ H ₁₆ біциклічні терпенові вуглеводні з одним подвійним зв'язком	C ₁₀ H ₁₈ O окис терпенового ряду
Молекулярна маса, г/моль	136,2	154,2
Температура кипіння, °С	155,9	176
Густина при 20°С, г/см ³	0,8585	0,928
Показник заломлення	1,4657	1,454—1,461
Оптична активність, град	+51,3	—
Характерні ефірні олії	Хвойні, цитрусові, коріандрова, лавандова, лаврова, м'ятна, ялівцева, фенхелева, геранієва олії	Евкалиптова, лаврова, м'ятна, лавандова, ялицева олії

Таким чином підтверджено, що олійний екстракт кардамону містить легколеткі компоненти фенольної природи: встановлено наявність монотерпенів α-пінену та 1,8-цинеолу, які складають легколеткі фракції ефірних олій. Це

також обумовлює антисептичні та бактерицидні властивості олійного екстракту кардамону та продуктів з його використанням.

Висновки

Розроблено склад стабільних до процесу окиснення п'яти олійних екстрактів для аюрведичних косметичних засобів, що містять ефіроолійні компоненти з кмину, чорного перцю, барбарису, коріандру, розмарину, чебрецю та кардамону.

За умов автоокиснення перевірено стабільність п'яти олійних екстрактів аюрведичної сумішей масала та встановлено уповільнення накопичення пероксидів в екстракті кардамону.

Розраховано кінетичні параметри окиснення для всіх досліджуваних зразків.

Виявлений ефект зниження швидкості окиснення екстракту кардамону пов'язано з вмістом антиоксидантних речовин фенольної природи. Встановлено наявність пінену та цинеолу, які належать до інгібіторів вільнорадикального окиснення ароматичної природи.

Література

1. Дмитрик Е. Аптечный рынок Украины по итогам 2016 года. Аптека.ua: електронне спеціалізоване видання URL: <http://www.apteka.ua/article/398728> (дата звернення 23.08.2018). — Назва з екрана.
2. Лад В. Аюрведа для начинающих. Древнейшая наука самоисцеления и долголетия. Москва: Фаир, 2008. 222 с.
3. Козловский А. Йога Специй. Новгород, 2015. 424 с.
4. Миллер Л., Миллер Б. Ароматерапия с позиций Аюрведы. Москва: Саттва, 2012. 448 с.
5. Beauty and Personal Care in Ukraine. Country Report. May 2017. Euromonitor International. URL: World Wide Web: <http://www.euromonitor.com/beauty-and-personal-care>.
6. Парфумерно-косметичний ринок України. Статистичні дані асоціації «Парфумерія і Косметика України URL:<http://apcu.ua/rinkovi-doslidzhennya-ta-statistichni-dani/parfumerno-kosmetichnij-rinok-ukraini/>
7. Ukrainets, A.I. (2016). Antioxidant plant extracts in the meat processing industry. *Biotechnologia Acta*. 9 (2), 19—27. doi: 10.15407/biotech9.02.019.
8. Українець А.І., Радзівєська І.Г., Мельник О.П., Пасічний В.М. Антирадикальна активність гірчиної олії в умовах автоокиснення. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. Том 24. № 3. С. 178—185. doi: 10.24263/2225-2924-2018-24-3-21.
9. Стасюк О.М., Кіндзер Б.М. Основи нетрадиційних методів оздоровлення: навч. посіб. Л.: ЛДУФК, 2011. — 232 с.
10. Бойко М.М. Ефірні масла: цілющі властивості рослинних ароматів : підруч. МОФ Рідна країна, 2015. 336 с.
11. Косметические средства. Регламент N 1223/2009 Европейского парламента и Совета. Безопасность и качество парфюмерно-косметической продукции, нотификация, регистрация в CPNP. Notified body number: 2549. International Center for Quality Certification. URL: <http://www.icqc.eu/ru/gmp.php>.

FLOUR SORGHUM IN THE TECHNOLOGY OF GLUTEN FREE BREAD

V. Drobot, J. Prihodko, H. Berezyna

National University of Food Technologies

Key words:

Flour sorghum
Structure-forming agent
The replacement of the starch
Quality of bread

Article history:

Received 15.01.2019
Received in revised form
30.01.2019
Accepted 12.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The paper briefly outlines the need to increase production and expand of the range of gluten-free bakery products. The questions of development of technology of these products with the use of starches, flour of cereals — rice, corn, sorghum and food additives — structure formers have been considered. The expediency of use of technology of gluten-free bread made from Ukrainian grain sorghum in a mixture with corn and potato starch with the use of a structure-forming agent of guar gum and hydroxypropylmethylcellulose in order to increase the nutritional value of this bread has been justified. The comparative assessment of the chemical composition of sorghum, rice and corn flour used with this aim has proven its benefits in terms of protein, fat, dietary fiber, potassium, magnesium, iron, vitamins B and PP. Baker's properties of sorghum flour based on the content of its own sugars, sugar-forming, gas-forming and gas-retaining abilities have been considered. The influence of this flour on the parameters of the technological process and the quality of gluten-free bread in the case of replacement of corn starch in the formulation has been investigated. It has been established that the addition of sorghum flour to the formulation increases the acidity of the dough, intensifies its fermentation, reduces the duration of the maintenance of dough preparations.

The expediency of the combination of the ether of cellulose — hydroxypropylmethylcellulose and gum of natural origin — guar for thickening of the dough has been established.

The results of studies of the influence of the amount of sorghum flour on the quality of bread, preserving freshness by “crunchiness” have been presented. It has been proved that the replacement in the formulation of gluten-free bread of 30% of corn starch by sorghum flour provides the proper organoleptic and physico-chemical parameters of the quality of products.

БОРОШНО СОРГО У ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА

В.І. Дробот, Ю.С. Приходько, Г.О. Бережна
Національний університет харчових технологій

У статті стисло окреслено необхідність збільшення виробництва та розширення асортименту безглютенових хлібобулочних виробів. Розглянуто питання розроблення технології цих виробів з використанням крохмалів, борошна круп'яних культур — рисового, кукурудзяного, соргового та харчових добавок-структуроутворювачів. Обґрунтовано доцільність використання в технології безглютенового хліба борошна із зернового сорго українського виробництва в суміші з кукурудзяним і картопляним крохмалем за використання структуроутворювача у складі камеді гуару та гідроксипропілметилцелюлози з метою підвищення харчової цінності цього хліба. У результаті порівняння хімічного складу борошна сорго та рисового і кукурудзяного, які використовуються з цією метою, доведено переваги його за вмістом білків, жиру, харчових волокон, калію, магнію, заліза, вітамінів В та РР. Розглянуто хлібопекарські властивості борошна сорго за вмістом власних цукрів, цукроутворювальною, газоутворювальною та газотримувальною здатностями. Досліджено вплив цього борошна на показники технологічного процесу і якість безглютенового хліба в разі заміни ним у рецептурі частини кукурудзяного крохмалю. Встановлено, що внесення до рецептури борошна сорго підвищує кислотність тіста, інтенсифікує його бродіння, скорочує тривалість вистоювання тістових заготовок.

Встановлено доцільність поєднання похідної ефіру целюлози — гідроксипропілметилцелюлози та камеді природного походження — гуару для загущення тіста.

Представлено результати досліджень впливу кількості внесення борошна сорго на якість хліба, збереження ним свіжості за криштуватістю. Доведено, що заміна в рецептурі безглютенового хліба 30% кукурудзяного крохмалю сорговим борошном забезпечує належні органолептичні та фізико-хімічні показники якості виробів.

Ключові слова: борошно сорго, структуроутворювач, заміна крохмалю, якість хліба.

Постановка проблеми. Продукти переробки злакових культур є складовою раціону харчування більшості населення світу. Проте в разі деяких захворювань, пов'язаних з порушенням білкового обміну в організмі, ці продукти протипоказані, зокрема при целиакії. Це захворювання пов'язане з алергією на білок пшениці, жита, ячменю, вівса — гліадин, що зумовлює подразнення слизової оболонки тонкого кишківника. Погіршення перетравлення поживних речовин їжі призводить до порушення інших обмінних процесів в організмі [1]. Для лікування цього захворювання призначається безглютенова дієта, при якій споживаються продукти, білки яких не містять гліадину.

Оскільки хлібобулочні вироби входять до щоденного раціону харчування, постає проблема виготовлення цих виробів з безглютенової сировини. За вимогами комісії Codex Alimentarius у безглютенових продуктах вміст глютену має не перевищувати 20 мг на 1 кг сухої речовини продукту.

У виробництві безглютенових хлібобулочних виробів використовують безглютенові крохмалі: кукурудзяний, картопляний, рисовий, топіоковий тощо, але вироби з цієї сировини мають низьку якість і харчову цінність. Одним із напрямків вирішення цієї проблеми є включення до рецептури безглютенових виробів поряд або замість крохмалів борошна круп'яних культур (рисового, кукурудзяного, гречаного, топіокового, соргового тощо) [2].

За даними літературних джерел, останнім часом діагностується все більша кількість захворювань на целиацію. Поряд з цим відмічається, що у країнах Європи, Америки та деяких інших поширюється тенденція відмовляватись від вживання пшениці та інших злакових, що містять глютен через побоювання ожиріння, алергічних захворювань тощо. Так, у 2014 р. 30% північно-американського населення, 10% населення Австралії і Нової Зеландії не споживають глютенвмісної продукції [3]. Найбільший ринок безглютенової продукції — в Німеччині та Англії. В цих країнах на целиакаію хворіє тільки 1% населення.

Зростання потреби в безглютенових виробах спонукає до збільшення їх виробництва та підвищення вимог до якості і харчової цінності цієї продукції, що потребує використання у технології безглютенових виробів більш широкого спектра сировини і харчових добавок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Над проблемою виробництва безглютенової продукції працюють науковці багатьох країн.

В Україні цій проблемі присвячені дослідження науковців Національного університету харчових технологій (НУХТ), Харківського державного університету харчування і торгівлі (ХДУХТ), Інституті продовольчих ресурсів НААН України та інших закладів.

Так, у НУХТ розроблена технологія безглютенового хліба, що передбачає для поліпшення органолептичних властивостей і харчової цінності хліба з безглютенових крохмалів, які на цей час є основною сировиною у виробництві безглютенових хлібобулочних і кондитерських виробів, заміну частини кукурудзяного крохмалю рисовим, кукурудзяним або гречаним борошном та використання харчової добавки із суміші камедей гуару і ксантану [4]. Дослідження, проведені в ХДУХТ, довели ефективність використання для приготування безглютенових виробів суміші рисового й кукурудзяного борошна у співвідношенні 1:1 та додавання ферменту трансглютамінази разом з білками, до яких вона реакційно здатна (желатину, Геліос 11, Скандро) [5].

В Інституті продовольчих ресурсів запатентовано спосіб приготування безглютенових виробів, до складу рецептури яких включено, поряд з крохмалем кукурудзяним і картопляним, борошно кукурудзяне та гречане, камеді гуару та ксантану у співвідношенні 0,7:0,3 [6].

У технології безглютенових виробів Інофірм спектр сировини, що використовується більш широкий щодо безглютенового борошна та структуро-

утворювачів, серед яких увага приділяється поряд з природними камедями, камедям мікробіологічного походження, похідним целюлози — ГПМЦ, ГМЦ, КМЦ. До рецептури включають сировину, багату на харчові волокна, яєчний і молочний білок, сухе знежирене молоко. Спостерігається інтерес до борошна сорго як компонента безглютенових хлібобулочних виробів [7].

У розроблених на цей час в Україні технологіях безглютенових виробів на основі крохмалів для підвищення їх харчової цінності передбачається використання в основному рисового, кукурудзяного та гречаного борошна. Для створення характерної структури тіста і м'якушки хліба додають камеді.

У НУХТ з метою розширення асортименту безглютенових виробів досліджено доцільність використання борошна зернового сорго українського виробництва. Як коректор структури тіста і хліба застосовано суміш природних полісахаридів і похідної ефіру целюлози — гідроксипропілметилцелюлози.

Мета дослідження: проаналізувати хімічний склад і технологічні властивості борошна сорго українського виробника, вплив цього борошна на технологічний процес і якість безглютенового хліба в разі використання його в суміші з кукурудзяним і картопляним крохмалю та застосування як харчової добавки камеді гуару та гідроксипропілметилцелюлози.

Матеріали і методи. У дослідженнях використовували цільозернове борошно сорго, одержане із зерна сорту Понкі врожаю 2016 р., вирощеного в Миколаївській області, кукурудзяний і картопляний крохмалі, суміш структуроутворювача в складі камеді гуару Е412 і ГПМЦ Е464. Хімічний склад борошна сорго визначали стандартизованими методами, викладеними у [8]. Вплив сорго на показники технологічного процесу і якість виробів визначали за пробним випіканням загальноприйнятими методами [9].

Тісто готували безопарним способом без бродіння, замішували у лабораторній тістомісильній машині ЛТ-900 протягом 10 хвилин. Замішане тісто вручну дозували у форми, вистоювання проводили у термостаті за температури $35 \pm 2^\circ\text{C}$ до готовності, випікали у печі СЕШ-3 зі зволоженням пекарної камери. Експериментальні дані обробляли методом математичної статистики.

Викладення основних результатів дослідження. Для обґрунтування доцільності використання борошна сорго в рецептурі безглютенових виробів з крохмалів з метою збагачення їх життєво необхідними речовинами досліджували хімічний склад цього борошна і порівнювали його з найбільш широко використовуваними рисовим і кукурудзяним борошном.

Встановлено (табл. 1), що в борошні сорго міститься більше, ніж у рисовому та кукурудзяному, білка — на 46,0 та 50,0%, харчових волокон — у 2 рази, жирів — у 5,2 та 2,1 рази, крохмалю у ньому менше на 23,8 та 9,6% відповідно. Також борошно сорго переважає інші досліджувані види борошна за вмістом магнію, заліза та цинку, вітамінів В₁, РР, фолацину.

Це свідчить, що безглютенове борошно при використанні його в суміші з крохмалю здатне більшою мірою збагатити вироби фізіологічно функціональними інгредієнтами, ніж рисове та кукурудзяне.

При дослідженні вуглеводноамілазного комплексу борошна сорго встановлено, що це борошно містить 1,9% власних цукрів, має досить низькі цукроутворювальну (129 мг мальтози на 10 г борошна) та газоутворювальну

(840 см³ CO₂) здатності, що може негативно позначатись на забезпеченні процесів бродіння в тісті та реакції меланоїдиноутворення під час випікання. Кислотність борошна 4,0 град.

Таблиця 1. Хімічний склад борошна сорго, рисового і кукурудзяного [10]

Складові	Борошно		
	рисове	кукурудзяне	сорго
Білки, г	7,4	7,2	10,8
Жири, г	0,6	1,5	3,1
Вуглеводи, г	80,2	74,4	76,2
в т.ч. крохмаль	79,1	70,6	63,9
Харчові волокна, г	2,3	2,63	6,53
Мінеральні речовини, мг			
Калій	8,0	20,0	76,0
Магній	50,0	36,0	127,0
Залізо	1,02	2,7	4,41
Цинк	0,17	0,5	3,2
Вітаміни, мг			
B ₁	0,06	0,35	0,39
B ₂	0,00	0,13	0,12
PP	1,40	1,80	4,40
Фолацин	0,22	0,37	0,40
Токоферол	2,84	3,95	0,80

З метою визначення впливу борошна сорго на технологічний процес і якість безглютенового хліба при використанні його в суміші з крохмалями проводили пробні випікання. Тісто готували з суміші кукурудзяного і картопляного крохмалю у співвідношенні 90:10. Картопляний крохмаль за даними, наведеними у [4], сприяє покращенню поверхні виробів.

До складу рецептури тіста включали дріжджі хлібопекарські пресовані — 3,0 кг, сіль кухонну — 2,0 кг, цукор білий кристалічний — 4,0 кг (для живлення мікрофлори тіста), олію соняшникову — 3,0 кг [2; 4; 5]. Як харчову добавку-структуруювач використовували 1,0 кг суміші камеді гуару і гідроксипропілметилцелюлози у співвідношенні 60:40%. Таке співвідношення структуруювачів було попередньо встановлено як оптимальне.

Для визначення доцільного вмісту борошна сорго в суміші готували зразки тіста в рецептурі яких замінювали 20%, 30%, 40% і 50% кукурудзяного крохмалю цим борошном.

Встановлено, що при незначному внесенні до рецептури борошна сорго на 0,1—0,3 град підвищується початкова кислотність тіста за рахунок кислореагуючих речовин сорго, кінцева кислотність збільшується на 0,2—0,4 град. Спостерігається інтенсифікація спиртового бродіння, про що свідчить збільшення газоутворення та скорочення тривалості вистоювання тістових заготовок з борошном сорго. Це є наслідком покращення в тісті складу живильного середовища для дріжджової мікрофлори за рахунок азотвмісних сполук, вітамінів і мінеральних речовин, внесених з борошном.

Поряд з цим питомий об'єм тіста і готових виробів з цим борошном зменшується тим більше, чим більше його внесено до рецептури. Очевидно це відбувається внаслідок збільшення густини тіста і зменшення його газотримувальної здатності.

Питомий об'єм хліба в разі заміни 20% і 30% крохмалю борошном сорго незначно — на 1,1—3,0% поступався контролю. При заміні 40% і 50% крохмалю був меншим на 6,2—8,7%, а пористість — на 3,0—5,0%.

Ці зразки поступались контрольному за станом поверхні, структурою пор та еластичністю м'якушки. На поверхні хліба спостерігались підриви й тріщини. За структурою пористість м'якушки у цих зразках була середня, товстостінна. Очевидно це зумовлено крупністю борошна сорго.

Усі зразки з вмістом борошна сорго порівняно з контролем швидше черствіли. Про це свідчить збільшення кришкуватості м'якушки при зберіганні.

Таблиця 2. Показники технологічного процесу та якості хліба суміші крохмалів і борошна сорго

Показник	З суміші крохмалів	Співвідношення кукурудзяного та картопляного крохмалів і борошна сорго				
		70:10:20	60:10:30	50:10:40	40:10:50	
Тісто						
Масова частка вологи, %	51,0	52,0	52,1	52,1	52,0	
Кислотність тіста, град	Початкова	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3
	кінцева	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
Тривалість вистоювання, хв	56	56	55	53	52	
Питомий об'єм тіста, см ³ /100г	2,66	2,56	2,51	2,42	2,35	
Газоутворення за 60 хв бродіння, см ³ /100г	230	264	282	304	312	
Хліб						
Питомий об'єм хліба, см ³ /100г	3,54	3,50	3,44	3,32	3,23	
Кислотність хліба, град	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
Пористість хліба, %	76	75	74	73	71	
Кришкуватість через 16 год, %	2,8	3,2	3,5	3,8	4,5	
Стан поверхні	З тріщинами і підривами більше 1 см	З незначним підривом і тріщинками	Без підрива і тріщин	З незначним підривом і тріщинами	З підривом більше 1 см і тріщинами	
Колір скоринки	Білий	Світло-коричневий				
Колір м'якушки	Білий	Жовто-золотистий		Жовто-золотистий		
Еластичність м'якушки	Еластична			Менш еластична		
Структура пористості	Дрібна, рівномірна, тонкостінна			Середня, рівномірна, товстостінна	Крупна з порожнинами, товстостінна	
Смак і аромат	Властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку і запаху					

Заміна 30% крохмалю борошном сорго порівняно із заміною 20% більшою мірою зменшує показники якості хліба проти контролю, хоча збагачує його біологічно-активними речовинами. Тому оптимальною кількістю заміни крохмалю слід вважати вміст у суміші 30% цього борошна. Це має забезпечити кращу харчову цінність хліба та належні органолептичні і фізико-хімічні показники його якості.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що, зважаючи на хімічний склад борошна сорго і здатність його в суміші з крохмалю забезпечувати належну якість безглютенового хліба, доцільно рекомендувати його використання для розширення асортименту безглютенових виробів з підвищеною харчовою цінністю.

Література

1. Крума Л.М. Наш опыт диагностики болезней тонкой кишки. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*, 2008. № 1. С. 72—78.
2. Ковэн С. Технология хлебопечения. СПб.: Профессия, 2017. 416 с.
3. Бирол Сайгы Й. Тенденция потребления продуктов питания на основе зерновых. *Хранение и переработка зерна*, № 7(226). С. 28—33.
4. Дробот В.І. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія. К.: Кондор-Видавництво, 2016. С. 1—84.
5. Шаніна О.М., Лобачова Н.Л. Дослідження впливу трансглютамінази та білкових добавок на вологостримувальну здатність безглютенового борошняного тіста, *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв*, 2014. Вип. 152. С. 243—249.
6. Хліб безглютеновий: патент на винахід 114989 Україна: А13 D/066, А13 D/047 / Семенова А.Б., Бела Н.І., Приходько Ю.С., Писарець О.П.; заявник та власник патенту: ПП НААН. № а2016 06264; заявл.09.06.2016; опубл. 28.08.2017, Бюл. № 16.
7. Arendt E.K., Schober T.J., Messerschmidt M., Bean S.R. Comparison of the breadmaking potential of different sorghum hybrids // Using cereal science and technology for the benefit of consumers. *Woodhead Publishing Ltd*, 2005. P. 62—67.
8. Дробот В.І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: Навч. посібник. К.: Кондор-Видавництво, 2015. 972 с.
9. Лебеденко Т.С., Пшенишнюк Г.Ф., Соколова Н.Ю. Технологія хлібопекарського виробництва. Практикум: навч. посібник. Одеса: Освіта України, 2014. 392 с.
10. Скурихіна И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

CHARACTERISTICS OF FISH ZRAZY WITH BRASSICA OLERACEA (*BRASSICA OLERACEA* L. VAR. *BOTRYTIS* L.) IN QUALITY OF FUNCTIONAL INGREDIENT

I. Ditrikh, N. Ilchuck, P. Yefymovych
National University of Food Technologies

Key words:

Functional product
Pike perch
Romanesco cabbage
Fish zrazes
Sulforaphane
Complex quality
Assessment
Amino-acid scorpion

Article history:

Received 16.01.2019
Received in revised form
31.01.2019
Accepted 08.02.2019

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article describes the nutritional state of Ukraine population, conclusions are made on the possible improvement of it by developing of the product's technology from fish raw materials with the introduction of vegetable fillers, which will have improved organoleptic index, improved chemical composition, and recommended as a functional product for certain categories of population.

To develop a technology for preparing a new species of fish zrazes, it is advisable to use the meat of pike perch as an ingredient that has dietary properties.

As a natural functional product is chosen kind of cabbage the Romanesco. The comparative characteristics of the contents of essential amino-acids in the Romanesco protein and the commonly used foods are given. The Romanian's protein of cabbage is valuable, because it contains all the essential amino-acids in its composition. The feature of Romanesco cabbage is the contents of its compounds of campherol and sulforaphane. It's proved that they prevent the formation of cancer cells, make anti-inflammatory, antimicrobial, and antioxidant properties in humans.

The recipe has been developed and the technology of cooking fish fillets of pike perch and Romanesco functional cabbage with improved organoleptic properties and high biological value has been improved. The optimal ratio of ingredients in the formulation of a new type of fish species with Romanesco (fillet of pike perch and Romanesque cabbage) is established. A five-point scale of organoleptic quality assessment was developed based on indicators of appearance, color, consistency, smell and taste; on the basis of it a profilogram was constructed.

Harrington method provides a comprehensive assessment of the quality of the new species of fish zrazes "Fish zrazes with Romanesco cabbage" and proved the expediency of introducing the vegetable ingredient into the recipe of fish zrazes.

The calculation of the amino acid has shown that the protein of the fish zrazes with Romanesco cabbage is digested by 93.4%.

ХАРАКТЕРИСТИКА РИБНИХ ЗРАЗ ІЗ КАПУСТОЮ РОМАНЕСКО (*BRASSICA OLERACEA* L. VAR. *BOTRYTIS* L.) ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ІНГРЕДІЄНТА

І.В. Дітріх, Н.В. Ільчук, П.Є. Єфимович

Національний університет харчових технологій

У статті охарактеризовано стан харчування населення України, зроблено висновки щодо можливого його покращення за рахунок розробки технології продуктів з рибної сировини із внесенням овочевих наповнювачів, які будуть мати поліпшені органолептичні показники, покращений хімічний склад, а також рекомендовані як функціональний продукт для певних категорій населення.

Для розробки технології приготування нового виду рибних зраз доведено доцільність використання м'яса судака як інгредієнта, що має дієтичні властивості.

*Як природний функціональний продукт обрано капусту сорту Романеско (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). Надано порівняльну характеристику вмісту незамінних амінокислот у білку капусти Романеско та загальноживаних продуктів харчування. Білок капусти Романеско — повноцінний, адже у своєму складі містить всі незамінні амінокислоти. Особливістю капусти Романеско є вміст у її складі сполук кемпферолу та сульфорафану. Доведено, що вони запобігають утворенню ракових клітин, чинять в організмі людини проти-запальні, антимікробні, антиоксидантні властивості.*

Розроблено рецептуру й удосконалено технологію приготування рибних зраз з філе судака та капусти Романеско функціонального призначення з поліпшеними органолептичними властивостями та підвищеною біологічною цінністю. Встановлено оптимальне співвідношення інгредієнтів у рецептурі нового виду рибних зраз з капустою Романеско (філе судака та капуста Романеско). На основі розробленої п'ятибальної шкали органолептичної оцінки якості за показниками зовнішнього вигляду, кольору, консистенції, запаху і смаку визначено, що найкращі показники має зразок рибних зраз із вмістом капусти 50%.

За методом Харрінгтона проведено комплексну оцінку якості нового виду рибних зраз «Рибні зрази з капустою Романеско» та доведено доцільність введення овочевого інгредієнта у рецептуру рибних зраз.

Розрахунок амінокислотного скору показав, що білок рибних зраз з капустою Романеско засвоюється на 93,4%.

Ключові слова: судак, капуста Романеско, рибні зрази, сульфорафан, комплексна оцінка якості, амінокислотний скор, функціональний продукт.

Formulation of the problem. Nutrition plays a significant role in human life and has a significant impact on health, because it ensures the development of the

organism, efficiency, protects against harmful environmental conditions, is a way of prevention and treatment of diseases. For the Ukrainian population, there is a deficiency of essential amino-acids, polyunsaturated fatty acids, vitamins C, B, E, β -carotene, macro-and trace elements: Ca, Fe, Zn, F, I, and other, food fibers. The deficiency of protein in the body of an average Ukrainian is 20%, micronutrients and vitamins — 50%, fiber — 30%. As a result, diseases developing, which include heart disease, cancer, high blood pressure, obesity, etc. [1].

Organizing healthy food can't only extend the life expectancy, but also improve its quality. Providing the human body with essential amino-acids, essential fatty acids, minerals and vitamins is the main task of functional nutrition. The use of functional foods is one of the best ways to adapt to the physiological changes occurring in the body and to ensure resistance to the adverse effects of surrounding factors [2].

Fish products are in demand among consumers, but in the Ukrainian market the range of fish products of functional orientation is limited. Extension of the line of assortment positions of such products could be accomplished by developing recipes and improving the technology of products from freshwater fish with the introduction of functional components of vegetable origin [3].

The analysis of recent research and publications. the problem of the development of new technologies and approaches to the comprehensive processing of fish raw materials, expansion of the directions of their use in the food industry is devoted to the work L.S. Abramova, T.G. Rodina, V.M. Poznyakovsky, M.I. Peresichny, O.V. Sidorenko, T.K. Lebskaya, NV Pritulskaya. That they occupy the leading position in the development of this problem. For example, Sidorenko O.V. studies the chemical composition and nutritional value of raw materials that can be used in the technology of production of fish-plant products of functional purpose, substantiates the scientific basis of regulation of the composition and structure of new fish products. Peresichny M. I. develops and improves the technology of functional fish food products for people of intellectual work. Abramova L.S. Investigates the technologies of manufacturing polycomponent products and new types of child's food on the basis of fish raw material, emulsion products based on fish roe [1; 4; 5; 6; 7].

The aim of the study is to develop the recipe and improve the technology of new fish semi-finished products ("Fish zrazes with Romanesco cabbage") by improving the chemical composition, improving the organoleptic parameters by adding to the traditional formulation of fish species a functional food ingredient of vegetable origin and carrying out a comprehensive assessment of their quality.

Presenting main material. The object of research is fish semi-finished products — fish snails on the basis of pike perch with the addition of Romanesco kind cabbage.

The main ingredient of fish species could be various types of sea and freshwater fish, for example, bream, pike perch, silver carp, carp, sazan [8]. Table 1 shows the content of vitamins, micro-and macro elements in pike perch [9].

Due to the fact that the pike perch contains a significant amount of potassium, phosphorus, sulfur, iron, zinc, it is recommended in the diet of a wide range of

consumers. The disadvantage of semi-finished products made from meat of pike perch according to the traditional recipe [8] is low nutritional properties and low organoleptic parameters.

Table 1. The content of vitamins, micro-and macro elements in pike perch [9]

Water, г		Fats, г		Proteins, г		Carbohydrates, г	
79,2		0,8		19		—	
Macroelements (mg)							
K	Ca	Mg	Na	S	P	Cl	
280	35	25	35	188	230	50	
Microelements (mcg)							
Fe	I	Mn	Cu	Ni	Cr	Zn	F
500	5	50	110	6	55	700	30
Vitamins (mg)							
A	E	C	B ₁	B ₂	B ₃	B ₆	
0.01	1.8	3.0	0.08	0.11	1.0	0.19	

In order to enrich the fish zrazes, made according to the traditional formula, a variety of cabbage - Romanesco (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L.) was chosen as a physiologically functional natural ingredient. This cabbage vegetable is grown in Ukraine, but is not well-known among consumers and isn't included in their diet. The main peculiarity (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L.) is the absence of a specific cabbage smell and taste. It is characterized by a rich chemical composition, in 100 g of cabbage contains: proteins — 2.4 g, carbohydrates (including food fibers) — 5,2 g (2,9 g), vitamins B1 — 0.1 mg, B2 — 0.1 mg, B4 — 45.2 mg, B6 — 0.2 mg, C — 73 mg, E — 0.2 mg, β-carotene — 0.02 mg, sodium — 10 mg, magnesium — 17 mg, copper — 42 mcg, potassium — 324 mg, calcium — 26 mg, iron — 1400 mcg, phosphorus — 51 mg, manganese — 0.15 mg, fluorine — 1 mcg, zinc — 280 mcg [10]. By the content of vitamins and minerals, the Romanesco cabbage is not inferior to the traditional types of cabbage vegetables, it has a significant content of vitamin C, iron, magnesium, β-carotene, edible fibers [11].

The protein of Romanian cabbage is full, because it contains all the essential amino acids in its composition. By the content of essential amino acids, the Romanesco protein is approaching the protein of commonly used products — wheat bread, milk, pork, buckwheat [9; 10].

Table 2. Comparative characteristics of the amino acid composition of Romanesco cabbage and common foods (mg/1g protein) [9; 10]

Amino acid	Cabbage Romanesco	Wheat bread	buckwheat	Milk	Pork
Valine	59.60	42.55	47.6	59.6	55.6
Isoleucine	50.30	36.4	43.7	59.0	47.5
Leucine	59.60	68.4	78.6	88.4	75.4
Lycine	64.32	30.4	24.7	81.2	79.9
Methionine + cystine	18.2 + 23.9	15.3 + 21.6	15.3 + 21.4	25.9 + 8.1	23.4 + 13.6
Tryptophan	13.65	12.7	10.7	15.6	13.4
Phenylalanine + tyrosine	46.2 + 24.1	48.8 + 33.3	52.4 + 26.2	54.6 + 36.1	39.9 + 34.0
Treon	41.3	32.1	30.6	45.8	47.1

Romanesco’s cabbage has anti-inflammatory, antimicrobial, anti-oxidant properties, prevents the formation of cancer cells due to the content of camphers and sulforaphane [12].

In the development of technology of a new type of specimen, “Fish zrazes with Romanesco cabbage”, a sample prepared according to a traditional recipe consisting of chilled poultry fillet, bread, crackers, milk, onion, oil, mushrooms, salt [8].

In order to determine the optimal content of Romanesco cabbage in a new species of fish zrazes, its with 40%, 50%, and 60% content of fish are examined. According to the developed 5-point scale, an organoleptic assessment of the quality of the finished dish has been carried out; on the basis of it, a professor has been constructed (Table 3, Fig. 1). It has been established that the best organoleptic parameters have a sample of fish species with cauliflower content of 50% (fig. 1).

Table 3. Organoleptic assessment of the fish zrazes “Romanesco cabbage”

Characteristic	Samples			
	Control	Sample № 1 (40% Romanesco)	Sample № 2 (50% Romanesco)	Sample № 3 (60% Romanesco)
Appearance	4.1	4.2	4.9	3.9
Color	3.5	4.2	4.9	4.1
Consistency	3.1	4.0	5.0	4.4
Smell	4.0	3.5	4.9	3.6
Taste	3.8	3.6	5.0	3.5

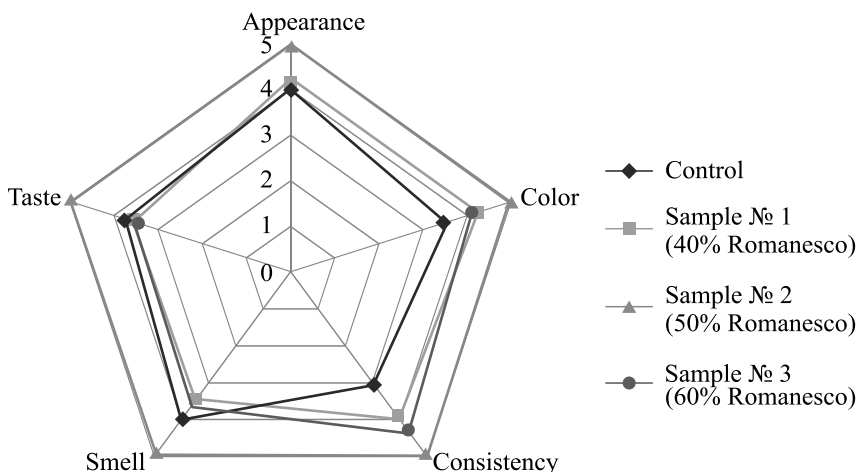


Fig. 1. Profilogram of the organoleptic properties of the fish species “Fish zrazes with Romanesco cabbage”

The semi-finished products were cooked to steam, because with this method of heat treatment, the largest amount of vitamins is saved. It has been proved that steam preparation significantly minimizes the loss of sulforaphane [12].

Finished fish zrazes with Romanesco cabbage are correct oval, the color corresponds to the components, the consistency is juicy, tender, the smell and taste are pleasant, harmonious, without specific cabbage taste and smell.

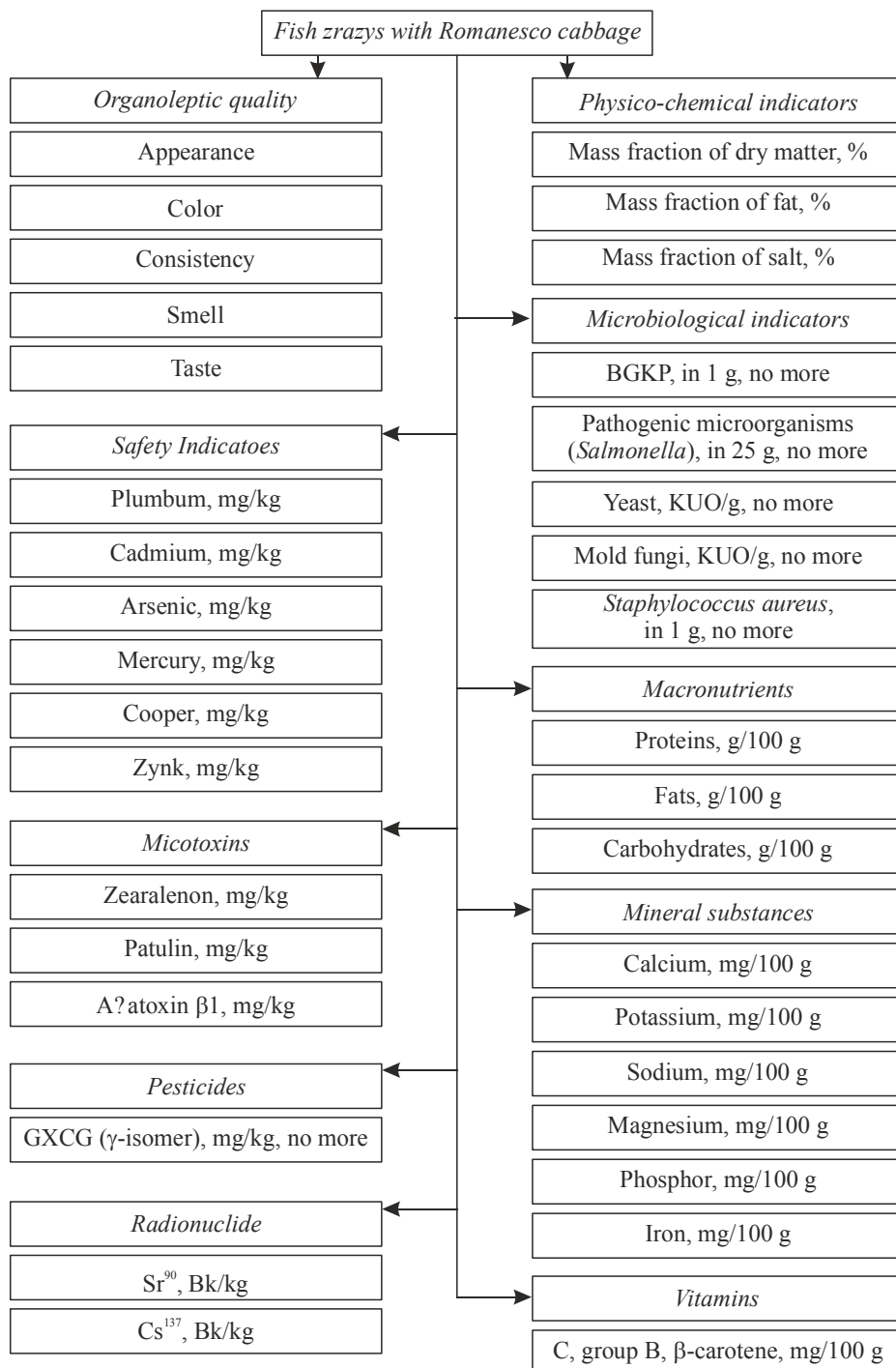


Fig. 2. Hierarchical structure of indicators of quality of the specimen "Fish zrazys with Romanesco cabbage"

The mass fraction of dry matters (58.6%), fat (4.5%), salt (0.7%) in the control sample prepared according to the traditional formula and the developed sample of fish zrazes (dry matter content 44.6%, fat — 3.9%, kitchen salt — 0.5%) with cabbage Romanesco determined by standard methods [13].

It is established that the addition of Romanesco cabbage to the fish zrazes formulation is expedient, but requires detailed study. Harrington method has carried out a comprehensive vivacity of the quality of the specimen “Fish zrazes with cabbage Romanesco”. This method involves 5 intervals, in the general interval of the scale from 1 to 0: 1.00...0.80 — very good (excellent); 0.80...0.63 — good; 0.63...0.37 — fair; 0.37...0.20 — bad; 0,20...0,00 — very bad [14]. For the calculation of the quantitative assessment of the quality of the fish species “Fish zrazes with Romanesco cabbage” the standard and original indicators are defined. Standard indicators of quality — organoleptic (appearance, color, consistency, smell and taste), physical and chemical parameters (mass fraction of dry substances, fat, salt), safety indicators (lead, arsenic, mercury, cadmium, copper, zinc, mycotoxins aflatoxin β1, zearalenone, patulin, HCHC pesticides (γ-isomers), heptachlor GPH (heptachlor epoxies), cesium and strontium radionuclides) and microbiological (number of bacteria in the colon sticks, pathogenic microorganisms, in particular Salmonella, Staphylococcus aureus, yeast, mold fungi. To the original index to include protein, carbohydrates, fats, minerals and vitamins.

Nodal values of the quality indices of fish species with Romanesco cabbage are given in table 4.

Table 4. Scale of nodal values of quality indicators of fish species with Romanesco cabbage

Metric name. unit of measurement	Valuation K_i					
	1.00	0.80	0.65	0.37	0.20	0.00
	Coded value V					
	3.00	1.50	0.85	0.00	-0.50	-3.00
1	2	3	4	5	6	7
Organoleptic quality						
Appearance	5.0	4.0	3.0	2.0	1.5	1.0
Color	5.0	4.0	3.0	2.0	1.5	1.0
Consistency	5.0	4.0	3.0	2.0	1.5	1.0
Smell	5.0	4.0	3.0	2.0	1.5	1.0
Taste	5.0	4.0	3.0	2.0	1.5	1.0
Physico-chemical indicators						
mass fraction of dry matter. %	43.0	43.5	44.0	44.6	46.5	48.1
mass fraction of fat. %	3.75	3.8	3.85	3.9	4.2	4.5
mass fraction sodium chloride (salt).%	0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8
Safety Indicators						
Lead. mg/kg . no more	0.03	0.05	0.07	0.1	0.2	0.5
Cadmium. mg/kg. no more	0.005	0.01	0.02	0.03	0.2	0.4
Arsenic. mg/kg. no more	0.001	0.005	0.01	0.05	0.2	0.6
Mercury mg/kg. no more	0.001	0.002	0.003	0.005	0.1	0.3
Zinc. mg/kg. no more	2.0	3.0	4.0	5.0	7.0	9.0
Copper. mg/kg. no more	0.05	0.1	0.3	0.5	1.0	1.4
Micotoxins						

1	2	3	4	5	6	7	
Zarenol. mg/kg. no more	0.0	0.3	0.6	1.0	1.5	2.0	
Patulin. mg/kg. no more	0.0	0.01	0.03	0.05	0.1	0.2	
Aflatoxin β 1. mg/kg. no more	0.0	0.001	0.003	0.005	0.01	0.02	
Pesticides							
GXCG (γ -isomer). mg/kg. no more	0.0	0.01	0.5	1.0	1.5	2.0	
Radionuclide							
Cs ¹³⁷ . Bk/kg	10	200	400	600	800	1000	
Sr ⁹⁰ . Bk/kg	10	100	150	200	400	600	
Microbiological indicators							
Bacteria of the <i>E. coli</i> group are 0.1 cm ³ . no more	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	
<i>Staphylococcus aureus</i> in 1.0 cm ³ of the product. no more	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	
Pathogenic microorganisms. in particular bacteria of the kind <i>Salmonella</i> . in 25 g the product. no more	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	
Yeast. no more in 1 g of the product. no more	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	
Mold fungi. in 1 g of the product. no more	2	20	50	100	200	300	
Macronutrients. g							
Proteins in 100 g of the product	New product	8.1	7.8	7.5	7.18	6.5	6.0
	Traditional recipes	11.4	11.2	11.0	10.74	9.0	8.0
Fats in 100 g of the product	New product	3.7	3.8	3.9	4.0	5.0	5.8
	Traditional recipes	3.9	4.0	4.1	4.2	4.6	5.2
Carbohydrates in 100 g of the product	New product	10.7	10.5	10.3	10.07	9.3	8.5
	Traditional recipes	5.9	5.6	5.3	4.87	4.3	4.0
Mineral substances . mg							
Calcium in 100 g of the product	New product	48.0	47.8	47.6	47.4	46.3	45.2
	Traditional recipes	47.0	45.8	45.6	45.39	44.3	42.1
Potassium in 100 g of the product	New product	258.5	258.2	257.9	257.6	255.1	252.1
	Traditional recipes	249.2	248.2	247.9	247.5	245.0	242.0
Sodium in 100 g of the product	New product	110.5	110.0	109.5	109.0	107.5	105.0
	Traditional recipes	116.5	115.8	115.0	114.53	113.0	112.1
Magnesium in 100 g of the product	New product	26.1	25.6	24.9	24.5	23.0	22.2
	Traditional recipes	28.2	27.6	27.1	26.28	25.0	23.5
Phosphor in 100 g of the product	New product	127.9	127.4	127.0	126.47	125.1	124.5
	Traditional recipes	166.2	165.7	165.1	164.29	163.0	162.1
Iron in 100 g of the product	New product	2.55	2.5	2.45	2.34	2.10	2.0
	Traditional recipes	2.3	2.25	2.2	2.14	2.0	1.9

1		2	3	4	5	6	7
Vitamins. mg							
Vitamin B ₁ in 100 g of the product	New product	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
	Traditional recipes	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03
Vitamin B ₂ in 100 g of the product	New product	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.07
	Traditional recipes	0.14	0.13	0.12	0.11	0.08	0.06
Vitamin B ₄ in 100 g of the product	New product	18.5	18.0	17.5	17.17	16.0	15.0
	Traditional recipes	8.5	8.0	7.5	7.0	6.0	6.5
Vitamin B ₆ in 100 g of the product	New product	0.23	0.22	0.21	0.19	0.16	0.13
	Traditional recipes	0.27	0.25	0.22	0.19	0.15	0.13
Vitamin C in 100 g of the product	New product	19.6	19.3	18.9	18.6	18.1	17.5
	Traditional recipes	4.9	4.4	3.9	3.2	2.8	2.5
β- carotin in 100 g of the product	New product	0.75	0.7	0.65	0.6	0.4	0.3
	Traditional recipes	0.3	0.2	0.1	0.01	0.005	0

Based on the data of the table. 4, the new product “Fish zrazes with Romanesco cabbage” increased the content of potassium, calcium, iron, vitamin B₁, B₄, C, β-carotene and food fibers.

An estimation method for assessing the assimilation of new fish species, “Fish snakes with Romanesco cabbage”, is amino acid abbr of protein [9;10].

Table 5. Amino acid abbr of the fish zrazes “Fish zrazes with Romanesco cabbage” [9; 10]

Amino acid	The content of AK in the ideal protein. mg/g	The contents of the AK in zrazes		AC. %
		mg/100g	mg/1g proteins	
Valine	50	358.3	49.1	98.2
Isoleucine	40	332.3	46.2	115.5
Leucine	70	517.8	72.11	103
Lycine	55	496.9	69.2	125.8
Methionine + cystine	35	148.6 + 104.6	20.8 + 11.9	93.4
Tryptophan	10	97.5	12.5	125
Fenilalanine + tyrosine	60	278.4 + 201.9	38 + 28.1	110.1
Treon	40	292	40.6	101.5

The first limiting amino acids are methionine and cystine (AS = 93.4%), hence, the protein of fish species with Romanosko cabbage is digested by 93.4%.

Conclusion

A recipe for fish features of the functional purpose “Fish snails with Romanesque cabbage” has been developed, which have improved organoleptic properties and increased biological value.

Thanks to the Harrington Method was provided a comprehensive assessment of the quality of these products has been carried out, which has proven the feasibility of introducing Romanesco cabbage to the traditional formulation as a functional ingredient.

The new species of fish zrazes are enriched with potassium, calcium, iron, vitamins B₁, B₄, C, β-carotene, and food fibers.

It is determined that the protein of this product is assimilated by 93.4%.

Due to the content of sulforaphane, fish snails may be recommended in the diet for the prevention of cancer.

According to the results of the research, Ukraine's patent was obtained for a useful model [15].

In further researching, it is planned to determine the safety indexes of the sample "Fish zrazes with Romanesco cabbage".

Literature

1. Мазаракі А.А., Пересічний М.І., Кравченко М.Ф. та ін. Технологія харчових продуктів функціонального призначення: монографія. Київ: КНТЕУ, 2012. 1116 с.

2. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Харчування як основний чинник збереження стану здоров'я населення. "Здоров'я, харчування, довголіття": матеріали наук.-практ. конф., м. Київ, 16—17 травня 2016 р. Київ, 2016. С. 204

3. Маслова Г.В. Инновационные технологии переработки объектов водного промысла: дис. канд. техн. наук: 05.18.04. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии. Москва, 2011. 275 с.

4. Абрамова Л.С. Поликомпонентные продукты питания на основе рыбного сырья: книги. Москва: ВНИРО, 2005, 175 с.

5. Будниченко В.А. Рыболовство и производство аквакультуры в Украине и перспективы их развития. *Рибне господарство України*. 2011. № 5. С. 56—61.

6. Сидоренко О.В. Формування асортименту та якості рибоборслинних продуктів: монографія. Київ: КНТЕУ, 2006. 322 с.

7. Мазаракі А.А., Лебська Т.К., Сидоренко О.В., Ніколаєнко С.М., Притульська Н.В. Інноваційні технології переробки риби: навч. посіб. Київ: КНТЕУ, 2014. 432 с.

8. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий: Для предприятий общественного питания: учебник / за ред. Ф. Л. Марчука. Москва: Хлебпродинформ, 1996. 215 с.

9. Скурихин И.М. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов: книга. Москва: Агропромиздат, 1987. 224 с.

10. Капуста Романеско. URL: <https://tutknow.ru/meal/8697-kapusta-romanesko.html> (дата звернення 01.11.2018)

11. Дітріх І.В., Ільчук Н.В. Використання капусти сорту Романеско в технології оздоровчого харчування. «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»: матеріали 84-ї міжнародної наук. конф. Молодих учених, аспірантів і студентів, 3 частина, м. Київ, 23—24 квітня 2018 р. Київ, 2018. С. 432.

12. Romanesco Broccoli. URL: <https://www.samtag.ch/en/wissen-en/vegetables/romanesco-broccoli> (дата звернення 01.11.2018).

13. ГОСТ 7631–2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей [чинний від 01.01.2009]. Вид. офіц. Москва: Стандартинформ, 2009. 10 с.

14. Harrington E.C. The desirable function. *Industrial Quality control*. 1965/21. № 10. P. 124—131.

15. Зрази рибні з капустою Романеско: пат. 126448 Україна: МПК А23L 17/00. / І.В. Дітріх, Н.В. Ільчук. № у 2017 12693; заявл. 21.12.2017; опубл. 25.06.2018, Бюл. № 12. 3 с.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF ADDITION OF SODA AND WHEAT BRAN ON THE CORN GRAIN EXTRUSION

O. Shapovalenko, O. Yevtushenko, H. Lyashko

National University of Food Technologies

Key words:

Wheat bran
Grain extrusion
Optimization of the process
Soda

Article history:

Received 18.01.2019
Received in revised form
05.02.2019
Accepted 14.02.2019

Corresponding author:

O. Shapovalenko
E-mail:
Shapov13@ukr.net

ABSTRACT

The paper deals with the study of the influence of the coarse wheat bran and soda addition on the corn grain extrusion. Corn and wheat bran are the main raw material for the production of feed for pigs. However, bran contain compounds that, without special treatment, are not digested by monogastric animals. Their traditional treatment involves only delimitation and shredding, so extrusion studies have been carried out.

Soda is used as a chemical scarifier. It is added to reduce the stomach acidity of farm animals and as a source of sodium. The size of grain of wheat bran was 1.3 mm. Bran was extruded without prior grinding.

The diagrams of the chemical composition of the raw material and the optimal sample are presented, where the following indicators are given: moisture, protein, fat, fiber, ash and extractives. The extrusion process was optimized. The extrusion coefficient is an optimization criterion (Y) and a technological indicator of the finished product. The calculated values of the Student and Fisher criteria were 0.01215 and 1.216, respectively. So the linear regression equation is adequate.

The mathematical process was optimized using the steep ascent method (Box-Wilson). The factors at the zero level are $C_1 = 45$ g, $C_2 = 15$ g, $C_3 = 6.5$, and the value of the interval of variation is 15, 5, and 2.5, respectively. Using the steep ascent program, an optimal sample of the extrusion process has been determined, based on the coefficient of expansion, which is 1.55. The estimated exchange energy is 1.874 MJ/100 g.

The extruded product can be further used in the production of animal feed as a source of sodium, in which it is evenly distributed in the mixture, it is not lost during mechanical movement and produces an antimicrobial effect.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОДАВАННЯ СОДИ ТА ПШЕНИЧНИХ ВИСІВОК НА ЕКСТРУДУВАННЯ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

О.І. Шаповаленко, О.О. Євтушенко, Г.В. Ляшко

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив додавання крупнодисперсних пшеничних висівок і соди на екструдкування зерна кукурудзи. Зазначено, що при виробництві комбікорму для молодняка свиней використовують основну сировину — кукурудзу та висівки пшеничні. Однак висівки містять у своєму складі сполуки, які без спеціальної обробки не засвоюються в організмі моногастричних тварин. Традиційна їх обробка передбачає лише сепарування та подрібнення, тому були проведені дослідження екструдкування висівок.

Соду використовують як хімічний розпушувач. При відгодівлі її додають для зменшення кислотності в шлунку сільськогосподарських тварин та як джерело натрію. При проведенні досліджень крупність пшеничних висівок становила 1,3 мм. При екструдванні висівки попередньо не подрібнювали.

Представлено діаграми хімічного складу сировини та оптимального зразка, де наведені такі показники: вологість, протеїн, жир, клітковина, зола та безазотисті екстрактивні речовини. Проведено оптимізацію процесу екструдкування сумішей. За критерій оптимізації (Y) обрано технологічний показник готової продукції — коефіцієнт спучення екструдату. Розрахункові кінцеві значення критеріїв Стьюдента та Фішера становили, відповідно, 0,01215 та 1,216. Отже, лінійне рівняння регресії є адекватним.

Проведено оптимізацію математичного процесу за допомогою методу крутого сходження (Бокса-Уілсона). Значення факторів на нульовому рівні $C1 = 45$ г, $C2 = 15$ г, $C3 = 6,5$, а значення інтервалу варіювання, відповідно, 15, 5 та 2,5. За допомогою програми крутого сходження визначено оптимальний зразок процесу екструдкування за коефіцієнтом спучення, який становить 1,55. Розрахункова обмінна енергія становить 1,874 МДж/100 г.

Отриманий екструдований продукт у подальшому може бути використаний при виробництві комбікормів як джерело натрію, в якому він рівномірно розподілений в суміші, не втрачається при механічному переміщенні та здійснює протимікробний вплив.

Ключові слова: пшеничні висівки, екструдкування зерна, оптимізація процесу, сода.

Постановка проблеми. Концепція сучасної науки про годівлю сільськогосподарських тварин передбачає організацію науково-обґрунтованої годівлі не тільки в повному забезпеченні тварин необхідними кормами, але й у тому, щоб допомогти їм засвоїти з раціону максимально можливу кількість поживних речовин. Для цього здійснюють заходи для усунення в кормах факторів, що стримують розщеплення, перетравність і засвоєння білків, ліпідів і вугле-

водів, факторів, що спричиняють виникнення захворювань, знижують відтворну функцію тощо.

Зараз у годівлі свиней все частіше використовують більш дешеву кормову сировину як джерело обмінної енергії, протеїну й амінокислот. Тому значно збільшуються об'єми використання низькоякісного зернофуражу, побічних продуктів переробки технічних культур і зерна (шротів, висівок тощо). За таких умов у раціонах свиней відчутно підвищується вміст клітковини, не крохмальних, фітатних сполук та інших антипоживних речовин, які знижують біологічну повноцінність кормів і, відповідно, продуктивність тварин [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Традиційно, висівки за принциповою схемою технологічного процесу виробництва преміксів попередньо просіюють, зберігають і сушать у сушарках, а крупну фракцію відбирають і подрібнюють в молоткових дробарках з подальшим направленням на виробництво. Введення середніх і мікрокомпонентів здійснюють при попередньому змішуванні та подрібнюванні з наповнювачем.

За іншим технологічним рішенням висівки пшеничні одразу подають на зберігання при низькій їх вологості, подрібнюють крупну фракцію з використанням вальцевих верстатів і змішують з виготовленням розсипних сумішей преміксів.

Італійська технологія передбачає сушіння наповнювача (висівок) та солей мікроелементів. Ці солі подрібнюють і в подальшому змішують з висівками [2].

У всіх цих технологічних рішеннях виробництва преміксів, як і в технології використання борошністої сировини в комбікормах, спостерігається відсутність додаткової обробки висівок з метою більш ефективного засвоєння поживних речовин моногастричними сільськогосподарськими тваринами.

Натомість при екструдванні продукт піддається комбінованій дії тиску й температури, внаслідок чого змінюється структура корму, відбувається інактивація інгібіторів травного тракту, нейтралізація токсичних речовин, стерилізація корму, поліпшення смакових якостей і декстринізація крохмалю. За рахунок різкого падіння тиску при виході розігрітої зернової маси відбувається «вибух» (збільшення об'єму) продукту, що робить його більш доступним для дії ферментів шлунку тварин та різко підвищує його засвоюваність. Екструдований корм найбільш раціонально використовувати в годівлі поросят молодшого віку, оскільки їх травна система ще не здатна перетравлювати складні поживні речовини [3; 4].

При екструдванні зернових культур відбувається збільшення в них рівня декстринів на 12...14%, що дає змогу використовувати екструдати в кількості 32...60% у раціонах поросят, у тому числі раннього відлучення. Це істотно скорочує використання молочних кормів на 50% і білково-енергетичних джерел мікробіологічного і тваринного походження на 30...60%, знижує собівартість вирощування поросят на 30...40% [5].

Для безпечної годівлі сільськогосподарських тварин і запобігання деяких хвороб у корми додають буферні речовини, які нейтралізують соляну кислоту шлункового соку. Найпоширенішим природним джерелом з високою буферною ємністю є сода (гідрокарбонат натрію). Ця мінеральна речовина може

бути використана також для збалансування вмісту натрію в кормах за умови неможливості підвищення вмісту кухонної солі.

Мета дослідження: визначення впливу додавання гідрокарбонату натрію на екструдовання зерна кукурудзи з висівками пшеничними та пошук оптимального співвідношення цих компонентів.

Матеріали і методи. Основними компонентами при створенні сумішей було обрано: зерно кукурудзи (ДСТУ 4525:2006), висівки пшеничні (ДСТУ 3016-95), сода харчова (ГОСТ 32802-2014).

Досліджувалися органолептичні та фізико-хімічні показники сировини та виготовленого екструдованого продукту. Масову частку вологи визначали за ДСТУ ISO 6496:2005. Масову частку сирової золи — за ДСТУ ISO 4252:2003. Метод визначення сирової клітковини проводили за ДСТУ ISO 6865:2004. Визначення масової частки сирого жиру проводили на основі екстракції продукту діетиловим ефіром за методом Сокслета за ДСТУ ISO 6492-2003.

Визначення протеїну відбувалось за біуретовим методом [6].

Вміст безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) визначали відніманням від ста відсотків вмісту сирого протеїну, сирого жиру, сирової клітковини та сирової золи.

Енергетичну цінність (обмінну енергію — ОЕ, МДж/100г) розраховували за формулою [7]:

$$ОЕ = 0,02395СП + 0,03977СЖ + 0,02005СК + 0,0174БЕР, \quad (1)$$

де СП — вміст сирого протеїну, %; СЖ — вміст сирого жиру, %; СК — вміст сирової клітковини, %; БЕР — вміст безазотистих екстрактивних речовин, %.

За результатами проведення екструдовання сумішей визначався коефіцієнт спучення діленням середнього значення діаметра екструдату на діаметр випускного отвору екструдера.

У дослідженнях застосовували методи експериментально-статистичного моделювання (ЕСМ). Для цього був складений план повного факторного експерименту ПФЕ-2³. Для обробки експериментальних даних були застосовані такі статистичні критерії, розрахункове значення яких порівнювалось із табличним значенням:

- перевірка однорідності дисперсій — критерій Кохрена;
- значущість коефіцієнтів рівнянь регресії — критерій Стюдента;
- аналіз адекватності отриманого рівняння — критерій Фішера [8].

Результати і обговорення. На першому етапі досліджень був визначений хімічний склад зерна кукурудзи та висівки пшеничних. Результати досліджень наведено на рис. 1.

За отриманими результатами досліджень (рис. 1) можна відзначити, що за вмістом основних компонентів хімічного складу висівки пшеничні досить подібні до зерна кукурудзи. За вмістом сирого протеїну (15,6%) та сирової клітковини (7,5%) вони навіть перевищують зерно кукурудзи, однак при цьому доступність поживних речовин для засвоєння в зерні кукурудзи є більшою. Середньозважений розмір висівок був на рівні 1,3 мм, що характеризує їх як крупні висівки з підвищеним вмістом поживних речовин.

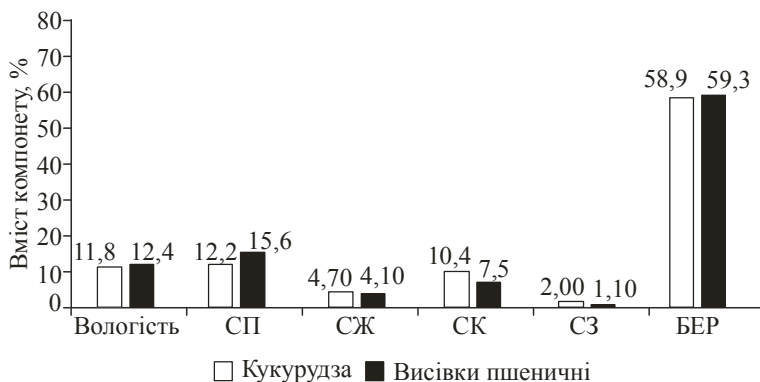


Рис. 1. Хімічний склад досліджуваної сировини

На другому етапі досліджень проводили оптимальне планування експерименту, яке використовується в двох основних напрямках:

- для дослідження механізму складних процесів і властивостей багатofакторних систем;
- для оптимізації технологічних процесів і властивостей багатofакторних систем [9].

За основні фактори, що впливають на якість екструдованих сумішей, було обрано: X_1 — вміст висівок пшеничних (15...30%); X_2 — вміст соди харчової (5...10%); X_3 — активну кислотність водного розчину (рН 4...9). При створенні сумішей як основний компонент використовували зерно кукурудзи і всі відсоткові значення інших компонентів приймалися із розрахунку на 100% кукурудзи. Для створення лужного середовища використовували 0,1 н розчин гідроксиду натрію, а для кислого середовища — 0,1 н розчин оцтової кислоти. Матриця планування експериментів наведена в табл. 1. За критерій оптимізації (Y) обрано коефіцієнт спучення екструдату (табл. 2).

Таблиця 1. Матриця в натуральному вигляді

№	Висівки пшеничні (крупна фракція), %	Сода харчова, %	Активна кислотність водного розчину, рН
1	30	10	4
2	15	10	4
3	30	5	4
4	15	5	4
5	30	10	9
6	15	10	9
7	30	5	9
8	15	5	9

Таблиця 2. Коефіцієнт спучення екструдату

№	Y_1	Y_2	Y_3	$Y_{\text{сеп}}$
1	2	3	4	5
1	1,43	1,4	1,45	1,43
2	1,57	1,55	1,53	1,54

1	2	3	4	5
3	1,29	1,33	1,3	1,31
4	1,43	1,45	1,42	1,43
5	1,29	1,31	1,3	1,3
6	1,43	1,45	1,4	1,43
7	1,05	1,12	1,13	1,1
8	1,43	1,5	1,43	1,45

Після проведення обробки даних була визначена математична модель. Всі коефіцієнти рівняння регресії перевірялись за значенням критерію Стьюдента (0,01215). З усіх коефіцієнтів незначущим виявлено складову $0,00625x_2x_3$.

Після видалення незначущого коефіцієнта, рівняння регресії в кодованому вигляді приймає вигляд:

$$y = 1,374 + 0,089x_1 - 0,051x_2 - 0,054x_3 + 0,029x_1x_2 - 0,031x_1x_3 + 0,026x_1x_2x_3. (2)$$

Розрахунковим шляхом встановлено, що $S_{ад}^2 = 0,0032$ і $S_y^2 = 0,0026$. При цьому розрахунковий критерій Фішера становитиме $F_p = 1,22$. Враховуючи, що його значення менше табличного ($4,46 > 1,22$), можна зробити висновок, що отримане рівняння регресії адекватно описує процес.

На третьому етапі був проведений пошук оптимальних значень вхідних змінних методом крутого сходження (Бокса-Уілсона). Раніше обрані значення факторів на нульовому рівні — $C_1 = 45$ г, $C_2 = 15$ г, $C_3 = 6,5$ з розрахунку на 200 г кукурудзи. Значення інтервалу варіювання відповідно — 15, 5 та 2,5. Розрахунок програми крутого сходження наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Програма крутого сходження

Найменування	Фактори		
	C_1	C_2	C_3
Нульовий рівень	45	15	6,5
Інтервал	15	5	2,5
Коефіцієнт	0,089	-0,051	-0,054
Добуток	1,3313	-0,2563	-0,1344
$S_{баз}$		-0,2563	
Крок	1,3313	-0,2563	-0,1344
Закруглений крок	1,33	-0,26	-0,13

За результатами реалізації програми крутого сходження після екструдювання та розрахунку були отримані нові значення коефіцієнта спучення (табл. 4)

Таблиця 4. Коефіцієнт спучення за програмою крутого сходження

№	C_1 , г (висівки)	C_2 , г (сода)	C_3 , (рН)	Коефіцієнт спучення
9	45	15	6,5	1,55
10	46,33	14,75	6,37	1,31
11	47,66	14,49	6,24	1,27
12	48,99	14,23	6,11	1,49
13	50,32	13,97	5,98	1,47

За результатами проведених досліджень було встановлено, що максимальне значення коефіцієнта спучення становить 1,55 (табл. 3) для зразка № 9. Показники хімічного складу цієї екструдованої суміші з розрахунку на загальну масу наведено на рис. 2.

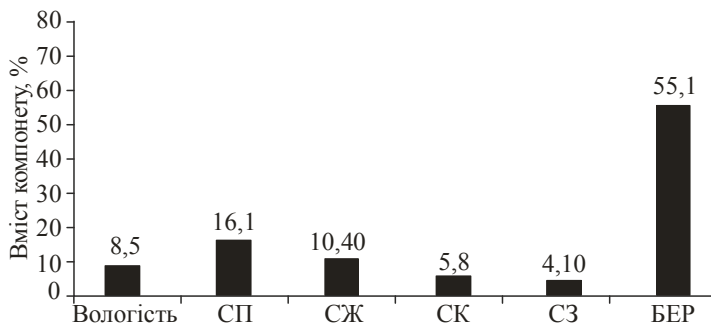


Рис. 2. Хімічний склад оптимального екструдованого зразка

За отриманими результатами хімічного складу екструдованої суміші № 9 (рис. 2), була визначена обмінна енергія екструдату за допомогою формули 1:

$$OE = 0,02395 \cdot 16,1 + 0,03977 \cdot 10,40 + 0,02005 \cdot 5,8 + 0,0174 \cdot 55,1 = 1,874 \text{ МДж/100 г.}$$

Висновки

За результатами проведених пошукових досліджень щодо впливу соди та висівку пшеничних на екструдування зерна кукурудзи можна відзначити, що оптимальне співвідношення компонентів з розрахунку на 200 г зерна кукурудзи, при якому коефіцієнт спучення досягає значення на рівні 1,55 становить: висівки пшеничні з крупністю 1,3 мм — 45 г, сода харчова — 15 г, активна кислотність водного розчину оцтової кислоти — рН 6,5. Отриманий результат був досягнутий за рахунок комплексного використання властивостей бікарбонату натрію як мінерального розпушувача та його взаємодією з висівками і зерном кукурудзи в слабо кислому середовищі.

За результатами проведення ПФЕ 2³ була визначена математична модель (формула 2), в якій коефіцієнти рівняння регресії є значущими і дані фактора здійснюють вплив на процес екструдування. Критерії Фішера та Стьюдента, відповідно, становлять 1,216 та 0,01215.

Отриманий екструдований продукт у подальшому може бути використаний при виробництві комбікормів як джерело нехлорованого натрію, в якому натрій рівномірно розподілений у суміші, не втрачається при механічному переміщенні за рахунок взаємозв'язку із зерною сировиною та здійснює протимікробний вплив з підтримкою значення рН на постійному рівні.

Література

1. Воєцька О.Є., Лапінська А.П., Макаринська А.В., Луніна Л.О. Ефективність використання екструдованого зерна та ферментів у комбікормах для поросят // Зернові продукти і комбікорми. 2013. № 3. С. 41—45.

2. Єгоров Б.В., Шаповаленко О.І., Макаринська А.В. Технологія виробництва преміксів: підруч. Київ: Центр учбової літератури. 2007. 288 с.
3. Бойко Л., Трунова Л., Петров Н., Ефремов В. Екструзионные технологи в комбикормах для поросят. Комбикорма. 2009. № 7. С. 48—49.
4. Клейменов Н.И., Никитин Н.В. Технология производства и использования экструдированных кормов в животноводстве. Москва: Россельхозиздат. 1981. С. 18.
5. Єгоров Б.В., Воєцька О.С., Кочетова А.О., Макаринська А.В. Композиційні суміші для поросят. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2010. В. 38. Т.1. С. 16—19.
6. Гуменюк О.Л. Харчова хімія: лабораторний практикум URL: https://cpo.stu.cn.ua/-Oksana/harch_himia_lab_prakt/170.html (дата звернення: 06.12.2018).
7. Шацкий В.В. Моделирование механизированных процессов приготовления кормов. Запорожье: ИМЖ УААН. 1998. 139 с.
8. Golikova Tetiana, Babich Oksana (2016) Refinement of technology of macaroni products enriched with whortleberry. *Ukrainian Journal of Food Science*. 4(1). P. 94—104.
9. Мальцев П.М., Емельянова Н.А. Основы научных исследований: учеб. Киев: Высшая школа. 1982. С. 192.

QUALIMETRIC EVALUATION OF THE QUALITY OF WHEAT BREAD WITH THE ADDITION OF SWIRLING OF OAT GERM AND OILCAKE OF MAIZE GERM

G. Stepankova, S. Oliinyk, E. Shydakova-Kamieniuka
Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

*Qualimetric
Quality
Complex index
Wheat bread
Swirling of oat germ
Oil cake of maize germ*

Article history:

Received 11.01.2019
Received in revised form
28.01.2019
Accepted 13.02.2019

Corresponding author:

G. Stepankova
E-mail:
stepankova_galina@
ukr.net

ABSTRACT

The article is dedicated to the qualimetric assessment of bread of high nutritional value with the use of swirling of oat germ and oilcake of maize germ. Swirling cake of oat germ and oilcake of maize germ are domestic secondary products remaining after oatmeal and corn oil. They are characterized by a high content of biologically valuable protein, dietary fiber, vitamins B, PP, EE, as well as many minerals. To assess the quality of bread ‘the tree of properties’ of products has been developed, which includes organoleptic, physical and chemical properties, and also the nutritional and energy value of bread. The weight coefficient of individual and group properties has been determined by the expert method. It has been conducted the qualimetric assessment of the products using ‘the property tree’.

It has been found that the experimental products exceed the control sample by organoleptic parameters, but they yield on the physical and chemical characteristics such as porosity, specific volume, which is expected in case of replacement of flour by a gluten-free raw material — swirling of oat germ and oilcake of maize germ. However, new types of bread significantly exceed the control sample in appearance, taste and smell, in terms of nutritional value, especially in the content of protein, food fibers, vitamins E and B₁, as well as minerals — iron and magnesium. The energy value of the developed products with the additive is lower than that one of the control sample. It was established that the complex quality index of both experimental products with the additive is 0.96, which corresponds to the mark “very good” and 15.7% higher than wheat bread without additives. The offered method can be used to conduct a complex assessment of the quality of bakery products using non-traditional enriching raw materials.

КВАЛІМЕТРИЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО З ВИКОРИСТАННЯМ ШРОТУ ЗАРОДКІВ ВІВСА ТА МАКУХИ ЗАРОДКІВ КУКУРУДЗИ

Г.В. Степанькова, С.Г. Олійник, О.Г. Шидакова-Каменюка
Харківський державний університет харчування та торгівлі

Статтю присвячено кваліметричній оцінці якості хліба підвищеної харчової цінності, виготовленого з використанням шроту зародків вівса та макухи зародків кукурудзи. Шрот зародків вівса та макуха зародків кукурудзи є вітчизняними вторинними продуктами, що залишаються після отримання вівсяної та кукурудзяної олій. Вони характеризуються високим вмістом біологічно цінного білка, харчових волокон, вітамінів групи В, РР, ЕЕ, а також багатьох мінеральних речовин. Для оцінки якості хліба розроблено «дерево властивостей» виробів, яке включає органолептичні, фізико-хімічні властивості, а також харчову й енергетичну цінність хліба. Експертним методом визначено коефіцієнти вагомості одиничних і групових властивостей. З використанням «дерева властивостей» здійснено кваліметричну оцінку якості розроблених виробів.

Встановлено, що дослідні вироби за органолептичними показниками перевершують контрольний зразок за зовнішнім виглядом, смаком і запахом, проте за фізико-хімічними характеристиками, такими як пористість, питоми об'єм, децю йому поступаються, що є очікуваним у разі заміни борошна на безклейковинну сировину — шрот зародків вівса та макуху зародків кукурудзи. Проте нові види хліба суттєво перевершують контрольний зразок за показниками харчової цінності, зокрема за вмістом білка, харчових волокон, вітамінів Е та В₁, а також мінеральних речовин — заліза й магнію. Енергетична цінність розроблених виробів з добавкою нижче за контрольний зразок. Встановлено, що комплексний показник якості обох дослідних виробів з добавкою становить 0,96, що відповідає оцінці «дуже добре» і на 15,7% вище, ніж у пшеничного хліба без добавок. Запропонована методика може бути використана для проведення комплексної оцінки якості хлібобулочних виробів з використанням нетрадиційної збагачувальної сировини.

Ключові слова: кваліметрія, якість, комплексний показник, хліб пшеничний, шрот зародків вівса, макуха зародків кукурудзи.

Постановка проблеми. Хлібопекарська галузь відіграє значну соціальну та стратегічну роль у житті суспільства, оскільки хлібобулочні вироби традиційно посідають першочергове місце в споживчому кошику населення нашої країни. Асортимент хлібобулочної продукції відрізняється великим різноманіттям, проте більшість з них належать до висококалорійних продуктів з незбалансованим хімічним складом, зокрема з низьким вмістом харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин тощо [1; 2]. Тенденції сьогодення до здорового способу життя сприяють більш вимогливому ставленню споживача до вибору продуктів харчування. У зв'язку з

цим актуальним є формування в асортименті хлібобулочних виробів сегмента продукції з підвищеним вмістом харчових і біологічно активних речовин [3].

Одним із ключових моментів у процесі створення та впровадження збагачених хлібобулочних виробів є вибір науково обґрунтованих підходів до оцінки їх якості. Виробництво хлібобулочних виробів здійснюється згідно з чинною нормативною документацією, яка містить вимоги до органолептичних та фізико-хімічних властивостей і допустимі рівні показників безпечності продукції, що не завжди дає змогу всебічно охарактеризувати і визначити всі переваги розробленої продукції.

Якість хлібобулочних виробів, як і будь-якого харчового продукту, є поняттям комплексним і охоплює цілу низку ознак. Максимально врахувати важливі характеристики виробів можливо шляхом визначення їх комплексного показника якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під комплексним показником розуміють кількісну характеристику якості продукту, що відноситься до декількох різнобічних його властивостей, які найчастіше не зіставні один з одним. Методологічним інструментом визначення комплексного показника якості є кваліметрія [4]. Основні принципи кваліметрії були розроблені у 70-х роках ХХ ст. групою радянських вчених під керівництвом Г.Г. Азгальдова. І сьогодні кваліметричний метод оцінки якості знаходить все більше застосування у різних галузях господарської діяльності завдяки високому ступеню розробки методики, її надійності та універсальності [4; 5]. Методика дає змогу формалізувати й оцінити практично будь-які властивості об'єкта із заданим ступенем точності.

Широке застосування метод комплексної оцінки якості знаходить під час розробки нових видів продукції, у тому числі й підвищеної харчової цінності. Ефективність методу підтверджена розробниками пряників з додаванням лікарняно-технічної сировини [6], здобного печива зі шротом кедрового горіху [7], кексів з додаванням пивної дробини та білоквмісної сировини [8; 9], хлібобулочних виробів [10; 11], які до комплексного показника якості поряд з нормативними включали властивості, що характеризують фізіологічну ефективність, харчову та біологічну цінність виробів.

Вищенаведене свідчить про перспективність використання кваліметричного методу для оцінки якості хлібобулочних виробів, збагачених харчовими та біологічно активними речовинами.

Мета дослідження: з використанням принципів кваліметрії здійснити комплексну оцінку якості хліба пшеничного з додаванням шроту зародків вівса та макухи зародків кукурудзи.

Викладення основних результатів дослідження. Нами розроблено такі вироби: хлібець «До сніданку» з 15,0% шроту зародків вівса (ШЗВ) та хліб «Корнет» з 15,0% макухи зародків кукурудзи (МЗК) від маси борошна пшеничного першого сорту [12]. Шрот зародків вівса та макуха зародків кукурудзи є вітчизняними вторинними продуктами виробництва вівсяної та кукурудзяної олій. Вони характеризуються багатим хімічним складом, а саме: високим вмістом біологічно цінного білка (23,0 та 20,0% відповідно), харчових волокон (23,3 та 22,5%), вітамінів Е (6,9 та 23,7 мг/100 г), В₁ (0,6 та 0,73 мг/100 г),

заліза (15,0 та 13,5 мг/100 г), магнію (280,0 та 160,0 мг/100 г) тощо. Як контрольний використовували зразок пшеничного хліба без добавок.

Комплексна оцінка якості дослідних і контрольного зразка хліба здійснювалася з використанням принципів кваліметрії за допомогою узагальненого показника, що враховує одиничні та групові показники якості [4; 5].

Визначення комплексного показника якості дослідних та контрольного разку хліба здійснювали у такому порядку:

- вибір групових та одиничних властивостей для характеристики виробів, побудова «дерева властивостей»;
- визначення коефіцієнтів вагомості кожного з одиничних і групових показників якості;
- вибір значень базових показників якості;
- розрахунок відносних показників якості одиничних властивостей;
- визначення групових показників якості;
- розрахунок комплексного показника якості.

Результати поетапного визначення комплексного показника якості представлено на рис. 1—2 та у табл. 1—4.

На першому етапі здійснено вибір групових та одиничних властивостей, необхідних і достатніх для побудови ієрархічної структури показників якості хліба — «дерева властивостей».

Далі з використанням методу експертних оцінок [5] групою експертів науковців ХДУХТ було визначено внутрішньогрупові та міжгрупові коефіцієнти вагомості кожного показника якості з дотриманням такої умови:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1, \quad (1)$$

де M_i — коефіцієнт вагомості i -го показника; n — число показників якості продукції в окремій групі.

Розрахунок коефіцієнтів вагомості вели за такою формулою:

$$M_i = \sum_{j=0}^n M_{ij} \quad (2)$$

де M_i — середнє арифметичне значення коефіцієнта вагомості i -го показника якості; n — число показників якості продукції; N — число експертів; M_{ij} — параметри вагомості i -го показника, дані j -м експертом.

Розроблене «дерево властивостей» для виробів з урахуванням внутрішньогрупових і міжгрупових коефіцієнтів вагомості групових та одиничних показників наведено на рис. 1.

Як видно з рисунка, «дерево властивостей» хліба складається з декількох рівнів. На нульовому знаходиться комплексний показник якості виробу (P_0).

На першому рівні сукупність властивостей диференціюється на групи, що характеризують органолептичні характеристики (РА), фізико-хімічні показники (РВ), харчову й енергетичну цінність (РС) хліба. Групові показники, у свою чергу, на другому рівні поділяються на відповідні одиничні показники ($Pa_1, Pa_2, Pa_3, Pa_4, Pa_5, Pb_1$ та ін.).

Результати розрахунку міжгрупових коефіцієнтів вагомості свідчать, що найбільшу значимість (0,4) надано показникам харчової та енергетичної цін-

ності хліба, а органолептичні та фізико-хімічні властивості мають однакові коефіцієнти вагомості (0,3). Крім того експертами рекомендовано внести до «дерева властивостей» ті одиночні показники якості органолептичних і фізико-хімічних властивостей, що характеризують основні показники якості даного продукту, а також ті, що закладені в нормативну документацію на хліб та хлібобулочні вироби з пшеничного борошна.

Групові показники якості (1 рівень)		Одиночні показники якості (2 рівень)	
Комплексний показник якості $P_o (1,0)$	Органолептичні показники РА (0,3)	Pa ₁	Зовнішній вигляд та форма (0,20)
		Pa ₂	Стан м'якушки (0,20)
		Pa ₃	Колір скоринки (0,20)
		Pa ₄	Смак (0,20)
		Pa ₅	Запах (0,20)
	Фізико-хімічні показники РВ (0,3)	Pb ₁	Вологість (0,15)
		Pb ₂	Кислотність (0,15)
		Pb ₃	Пористість (0,35)
		Pb ₄	Питомий об'єм (0,35)
	Харчова та енергетична цінність РС (0,4)	Pc ₁	Вміст білка (0,15)
		Pc ₂	Вміст харчових волокон (0,25)
		Pc ₃	Вміст вітаміну В ₁ (0,10)
		Pc ₄	Вміст вітаміну Е (0,20)
Pc ₅		Вміст заліза (0,10)	
Pc ₆		Вміст магнію (0,10)	
Pc ₇		Енергетична цінність (0,10)	

Рис. 1. «Дерево властивостей» для оцінки комплексного показника якості хліба

Оскільки збагачувальні добавки характеризуються високим вмістом білку, харчових волокон, вітаміну В₁ та Е, заліза та магнію, а також знижують калорійність хліба, то вважали за необхідне прийняти до уваги зазначені показники у якості одиночних в групі С.

На наступному етапі розраховували значення групових показників якості досліджуваних зразків на першому рівні. Для цього визначали абсолютні значення одиночних показників якості контрольного та дослідних зразків хліба і переводили їх у відносні безрозмірні величини.

Визначення органолептичних властивостей (група РА) проводили за 50-бальною шкалою (табл. 1) із залученням експертної групи фахівців ХДУХТ.

Таблиця 1. Шкала органолептичної оцінки показників якості хліба

Найменування показників	Бали				
	50	40	30	20	10
1	2	3	4	5	6
Зовнішній вигляд і форма	Правильна, з випуклою скоринкою, без підривів та бокових впливів	Правильна, з менш випуклою скоринкою, без підривів і бокових впливів	Правильна, без випуклої скоринки, без підривів і бокових впливів	Неправильна, без випуклої скоринки, з незначними підривами та боковими впливами	Неправильна, без випуклої скоринки, з підривами та боковими впливами

1	2	3	4	5	6
Поверхня	Рівна, без тріщин, світла з коричневим відтінком	Рівна, з незначними тріщинами, світла з коричневим відтінком	Рівна, з тріщинами, світла з коричневим відтінком	Нерівна, з тріщинами, темно-коричневого кольору з підгорілістю або бліда	Нерівна, з глибокими тріщинами, підгоріла або бліда
Стан м'якушки	Пропечена, еластична м'якушка, з розвиненою пористістю, без слідів непромісу	Пропечена, менш еластична м'якушка з розвиненою пористістю, без слідів непромісу	Пропечена, нееластична з погано розвиненою пористістю, без слідів непромісу	Непропечена, нееластична м'якушка з погано розвиненою пористістю, зі слідами непромісу	Непропечена, нееластична м'якушка з нерозвиненою пористістю, зі слідами непромісу
Смак	Відповідає виду виробу; яскраво виражений; для виробів з добавкою — з легким приємним присмаком добавки	Відповідає виду виробу; менш виражений; для виробів з добавкою — з менш вираженим присмаком добавки	Відповідає виду виробу; слабо виражений; гіркуватий	Відповідає виду виробу, кислуватий, пріснуватий, для виробів з добавкою — з інтенсивним смаком добавки, гіркий	Кислий, дріжджовий, надмірно солоний, несолоний, надмірно виражений смак добавки, гіркий
Запах	Відповідає виду виробу, яскраво виражений, приємний; для виробів з добавкою — з легким приємним ароматом добавки	Відповідає виду виробу, менш виражений, приємний; для виробів з добавкою — з менш вираженим ароматом добавки	Відповідає виду виробу, з кислуватим запахом	Відповідає виду виробу, з різким кислуватим або дріжджовим запахом	Виражений сторонній запах, спиртовий, пліснявий, затхлий, неприємний

Абсолютні значення фізико-хімічних показників якості хліба (група РВ) визначали стандартними методами [13]. Абсолютні значення одиничних показників харчової й енергетичної цінності хліба (група РС) встановлювали розрахунковим методом.

Переведення отриманих абсолютних значень у відносні безрозмірні величини здійснено за допомогою диференційного методу, що заснований на розрахунку відношення абсолютних значень одиничних показників якості продукції до їх базових значень [5].

Як базові ($P_{\text{баз}}$), зазвичай, використовуються показники, установлені нормативними документами, або ті, що зустрічаються на практиці в більшості продукції. За базові показники властивостей групи А було обрано максимальну кількість балів (50 балів) за шкалою оцінки органолептичних властивостей хліба. Для групи В та С за базові було обрано найкращі значення показників у межах даної групи (табл. 2).

Таблиця 2. Базові значення оцінюваних одиничних властивостей

Група властивостей	Показник	Одиниці вимірювання	Значення базового показника
A	Pa ₁ —Pa ₅	бал	50
B	Pb ₁	%	44,5
	Pb ₂	град	4,0
	Pb ₃	%	73,0
	Pb ₄	см ³ /г	3,0
C	Pc ₁	г/100 г	8,1
	Pc ₂	г/100 г	4,4
	Pc ₃	мг/100 г	0,15
	Pc ₄	мг/100 г	2,7
	Pc ₅	мг/100 г	1,6
	Pc ₆	мг/100 г	2,2
	Pc ₇	мг/100 г	38,1
	Pc ₈	ккал/100 г	218,0

Результати визначень відносних показників якості наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Результати визначення абсолютних і відносних одиничних показників якості досліджуваних зразків хліба

Код показника якості, од. вимір.	Абсолютні показники якості хліба			Код показника якості	Відносні показники якості хліба		
	Контр-роль	Хлібець «До сніданку»	Хліб «Корнет»		Контр-роль	Хлібець «До сніданку»	Хліб «Корнет»
Pa ₁ , бал	47	50	49	Ka ₁	0,94	1,00	0,98
Pa ₂ , бал	48	48	47	Ka ₂	0,96	0,96	0,94
Pa ₃ , бал	47	50	48	Ka ₃	0,94	1,00	0,96
Pa ₄ , бал	48	49	50	Ka ₄	0,96	0,98	1,00
Pa ₅ , бал	47	49	50	Ka ₅	0,94	0,98	1,00
Pb ₁ , %	43,0	44,7	44,5	Kb ₁	0,96	1,00	0,99
Pb ₂ , град	2,8	3,7	4,0	Kb ₂	0,70	0,93	0,98
Pb ₃ , %	73,0	72	68,0	Kb ₃	1,00	0,99	0,93
Pb ₄ , см ³ /г	3,0	3,0	2,8	Kb ₄	1,00	1,00	0,93
Pc ₁ , г/100 г	7,3	8,1	7,7	Kc ₁	0,90	1,00	0,95
Pc ₂ , г/100 г	2,5	4,4	4,3	Kc ₂	0,57	1,00	0,98
Pc ₃ , мг/100 г	0,11	0,14	0,15	Kc ₃	0,85	0,93	1,00
Pc ₄ , мг/100 г	0,88	1,1	2,7	Kc ₄	0,33	0,42	1,00
Pc ₅ , мг/100 г	1,37	1,42	1,6	Kc ₅	0,86	0,89	1,00
Pc ₆ , мг/100 г	0,9	2,2	2,1	Kc ₆	0,40	1,00	0,95
Pc ₇ , мг/100 г	11,7	38,1	25,9	Kc ₇	0,30	1,00	0,98
Pc ₈ , ккал	239,2	234,5	217,7	Kc ₈	0,91	0,93	1,00

Відмічено, що зразки пшеничного хліба з додаванням шроту зародків вівса та макухи зародків кукурудзи за органолептичними показниками (зовнішній вигляд, смак і запах) перевершують контрольний зразок. За деякими одиничними показниками, що характеризують фізико-хімічні показники якості (пористість та питомий об'єм), вироби з добавкою дещо поступаються контрольному зразку, проте це є очікуваним у разі заміни борошна на безклейковинну

сировину — шрот зародків вівса та макуху зародків кукурудзи. Найбільшу відмінність від контрольних мають показники харчової цінності нової продукції. Так, за всіма одиничними показниками, що характеризують харчову та енергетичну цінність, розроблені вироби перевершують контрольний зразок.

Комплексні групові показники якості (КА, КВ, КС) дослідних і контрольного зразків хліба розраховували як суму відносних величин одиничних показників якості (табл. 5) з урахуванням їх коефіцієнтів вагомості (рис. 1) за формулами:

$$КА = (Ma_1 \cdot Ka_1) + (Ma_2 \cdot Ka_2) + (Ma_3 \cdot Ka_3) + (Ma_4 \cdot Ka_4) + (Ma_5 \cdot Ka_5) \quad (3)$$

$$КВ = (Mb_1 \cdot Kb_1) + (Mb_2 \cdot Kb_2) + (Mb_3 \cdot Kb_3) + (Mb_4 \cdot Kb_4); \quad (4)$$

$$КС = (Mc_1 \cdot Kc_1) + (Mc_2 \cdot Kc_2) + (Mc_3 \cdot Kc_3) + (Mc_4 \cdot Kc_4) + (Mc_5 \cdot Kc_5) + (Mc_6 \cdot Kc_6) + (Mc_7 \cdot Kc_7) + (Mc_8 \cdot Kc_8), \quad (5)$$

де $Ma_1, Ma_2, \dots, Mb_1, Mb_2, \dots, Mb_1, Mb_2, \dots$ — коефіцієнти вагомості одиничних показників якості; $Ka_1, Ka_2, \dots, Kb_1, Kb_2, \dots, Kc_1, Kc_2$ — відносні значення одиничних показників якості.

Результати розрахунку оцінки якості дослідних та контрольного зразків хліба представлено на рис. 2.

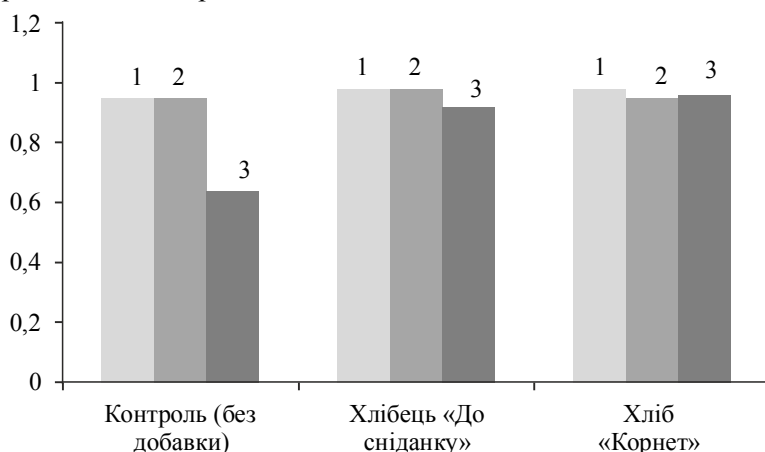


Рис. 2. Комплексні групові показники якості виробів:

1 — органолептичні; 2 — фізико-хімічні; 3 — харчова та енергетична цінність

Шкала оцінювання диференціюється таким чином: дуже добре (1,00....0,80); добре (0,80....0,63); задовільно (0,63....0,37); погано (0,37....0,20); дуже погано (0,20....0,00). Відзначається, що хлібець «До сніданку» та хліб «Корнет» за всіма групами властивостей мають оцінку «дуже добре». Контрольний зразок поступається ним за групою властивостей РС (харчова, біологічна та енергетична цінність) — характеризується оцінкою «добре».

Загальну комплексну оцінку якості досліджуваних виробів визначали, враховуючи комплексну оцінку окремих груп властивостей (рис. 2) та відповідні коефіцієнти вагомості (рис. 1) за формулою:

$$K_0 = (MA \cdot KA) + (MB \cdot KB) + (MC \cdot KC), \quad (6)$$

де K_0 — комплексний показник якості; MA, MB, MC — коефіцієнти вагомості групових показників якості; KA, KB, KC — комплексні групові показники якості.

Результати обчислення комплексних показників досліджуваних зразків наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Комплексна оцінка якості хліба із дослідними добавками

Зразок	Оцінка якості за властивостями			Комплексний показник K_0
	Органо-лептичні (MA·KA)	Фізико-хімічні (MB·KB)	Харчова та енергетична цінність (MC·KC)	
Контроль	0,3 · 0,95	0,3 · 0,95	0,4 · 0,64	0,83
Хлібець «До сніданку»	0,3 · 0,98	0,3 · 0,98	0,4 · 0,92	0,96
Хліб «Корнет»	0,3 · 0,98	0,3 · 0,95	0,4 · 0,95	0,96

Відзначено, що комплексна оцінка якості контрольного зразка становить 0,83, проти 0,96 для дослідних зразків. Отримані значення відповідають показнику «дуже добре», проте це значення для виробів із внесенням шроту зародків вівса та макухи зародків кукурудзи вище за контрольний зразок на 15,7% саме за рахунок більших значень харчової цінності хліба з добавками.

Висновки

Розроблено «дерево властивостей» хліба пшеничного, що включає органо-лептичні, фізико-хімічні властивості, а також харчову та енергетичну цінність хліба і здійснено комплексну оцінку якості хліба з додаванням шроту зародків вівса та макухи зародків кукурудзи.

Встановлено, що дані вироби за значенням органолептичних показників, а також харчовою й енергетичною цінністю суттєво перевершують значення контрольного зразка. За рахунок цього комплексні показники якості хліба з добавками на 15,7% перевищують цей показник у хлібі без добавок.

Розроблене «дерево властивостей» у подальшому може бути використане для проведення комплексної оцінки якості хлібобулочних виробів з використанням нетрадиційної збагачувальної сировини.

Література

1. Дорохович А.М., Оболкіна В.І., Дорохович В.В. Продукти харчування функціонального призначення. URL:<http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2875/1/dvvrhfp.pdf>
2. Дробот В.І., Грищенко А.М., Тесля О.Д., Сильчук Т.А., Місечко Н.О. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія. К.: Кондор, 2016. 242 с.
3. Алешков А.В. Пищевая промышленность — индустрия инноваций : монографія. Хабаровск: РИЦ ХГУЭП, 2016. 188 с.
4. Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Садовов В.В. Квалиметрия для всех : учеб. пособие. М.: ИнформЗнание, 2012. 165 с.

5. Сафонова О.Н., Перцевой Ф.В., Гринченко О.А., Фошан А.Л., Пивоваров П.П., Богомолов А.В. и др. Системные исследования технологии переработки продуктов питания. Харьков: ХГАТОП и ХГТУСХ, 2000. 200 с.

6. Лазарева Т.Н. Способ обогащения пряничных изделий антиоксидантами. *Международный научный журнал «Инновационная наука»*. 2017. № 02/1. С. 77—79.

7. Шидакова-Каменюка Е.Г., Роговая А.Л., Роговой И.С., Новик А.В. Комплексная оценка качества сдобного печенья с добавлением шрота кедрового ореха. Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сб. статей III Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23—24 марта 2017 г., под общ.ред. В.Я. Груданова. Минск: БГАТУ, 2017. С. 287—289.

8. Шидакова-Каменюка О. Г., Кравченко О. І., Роговий І. С. Комплексна оцінка якості кексів з додаванням борошна пивної дробини. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: тези доп Міжнар. науково-практ. конф., 8—11 вересня 2015 р. Харків: ХДУХТ, 2015. С. 337—338.

9. Валевська Л.О., Дзюба Н.А., Землякова О.В., Євдокимова Г.Й. Кваліметрична оцінка якості кексу з використанням білоквмісної сировини. *Вчені записки ТНУ ім. В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2018. № 5, Т. 29(68), Ч. 3. С. 9—13.

10. Ялалетдинова Д.И. Комплексные показатели качества зернового хлеба электроконтактного способа выпечки. *Вестник ОГУ*. 2010. № 10(116). С. 179—182.

11. Рензьева Т.В., Мерман А.Д., Шарфунова И.Б. Разработка обобщенного комплексного показателя качества хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. *Техника и технология пищевых производств*. 2010. № 3(18). С. 91—95.

12. Степанькова Г.В. Технології пшеничного хліба з використанням продуктів переробки зародків вівса і кукурудзи. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. Х.: ХДУХТ. 2015. Вип. 1(21). С. 89—99.

13. Дробот В.І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів. Київ: Кондор, 2015. 958 с.

USING OF POWDERS OF AGRICULTURAL CROPS GERMINATED SEEDS IN TECHNOLOGY OF MAYONNAISE

I. Yasinska, V. Ivanova

National University of Food Technologies

Key words:

*Mayonnaise
Germinated seeds of
Buckwheat
Mustard
Sunflower
Antioxidant activity
Peroxide number*

Article history:

Received 15.01.2019
Received in revised form
05.02.2019
Accepted 14.02.2019

Corresponding author:

I. Yasinska

E-mail:

yasinskaya.ira@gmail.com

ABSTRACT

The possibility of using of germinated seeds powders of sunflower, mustard and buckwheat to diversify an assortment of mayonnaises; increasing their nutritional value and slowing down of oxidative processes were explored.

The data of the newest studies about the influence of plant ingredients on the quality and the nutritional value of mayonnaise have been analyzed. The trends in optimizing the composition of this product have been considered. On the basis of the literature data the types of plant raw materials were selected for the enrichment of the mayonnaise recipes and for preventing of the oxidation processes.

The content of the compounds with antioxidant activity (ascorbic acid, tocopherols, phenolic compounds), antiradical and antioxidant properties of germinated seeds have been determined. The recipes of mayonnaise with the addition of germinated seeds powders have been developed. The quality indicators of new types of mayonnaise with selected ratios of germinating components have been determined. The results have shown the possibility of applying the powders in the amount from 1 to 5%, with ensuring the quality of products in keeping with all normative indicators in accordance to normative and technical documentation.

The changes of the product properties during storage were analyzed and product limiting terms were established. The studies have shown that the most pronounced effect on the prevention of lipids oxidation in the product was achieved by adding the sunflower and white mustard powders, in quantities of 5 and 1.5%, respectively.

The using of the proposed recipes to create a new kind of sauces will diverse products assortment and will allow to get products with improved organoleptic characteristics and an improved qualitative composition.

ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКІВ З ПРОРОЩЕНОГО НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У ТЕХНОЛОГІЇ МАЙОНЕЗУ ВИСОКОКАЛОРИЙНОГО

І.Л. Ясінська, В.Д. Іванова

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено можливість використання порошків з пророщеного насіння соняшнику, гірчиці та гречки для розширення асортименту соусів емульсійного типу — майонезу високожирного, з метою підвищення їх харчової цінності та уповільнення в них окисних процесів.

Проаналізовано дані новітніх досліджень впливу рослинних інгредієнтів на якісні показники та харчову цінність майонезу, розглянуто тенденції щодо оптимізації складу даного продукту. На основі даних літератури підібрано види сировини, що доцільно використати для збагачення складу майонезу та запобігання окисним процесам.

Визначено вміст сполук, що володіють антиоксидантною активністю (аскорбінової кислоти, токоферолів, фенольних сполук), рівень антирадикальної та антиоксидантної властивостей порошків з пророщеного насіння гречки, соняшника та гірчиці. Розроблено рецептури майонезу із додаванням зазначених порошків. Досліджено показники якості нових видів майонезу з підібраними співвідношеннями рецептурних компонентів. Показано можливість внесення порошків у кількості від 1 до 5%, із забезпеченням якості виробів за всіма нормативними показниками відповідно до ДСТУ 4487:2005 Майонез. Загальні технічні умови.

Проаналізовано зміни властивостей продукту впродовж зберігання та встановлено граничний його термін. Показано, що найбільш виражений вплив на запобігання окиснення ліпідів у продукті мали порошки соняшнику та гірчиці білої, внесені у кількості 5 та 1,5% відповідно.

Використання запропонованих рецептур для створення нового виду соусу сприятиме розширенню асортименту продукції цього виду та дасть змогу отримати продукт з поліпшеними органолептичними характеристиками та покращеним якісним складом.

Ключові слова: майонез, пророщене насіння гречки, гірчиці, соняшнику, антиоксидантна активність, пероксидне число.

Постановка проблеми. У харчовій промисловості широко використовують харчові добавки антиоксидантної дії з метою запобігання окисним процесам і збільшення термінів придатності харчових продуктів. Сфера використання антиоксидантів дуже широка — від олієжирової галузі до кондитерської продукції та різноманітних напоїв. У більшості випадків виробники використовують синтетичні добавки, які мають ряд переваг: вони дешеві, ефективні, не змінюють органолептичні властивості продуктів. Однак, як показують дослідження, вживання більшості синтетичних добавок протягом

тривалого часу може мати негативні наслідки для здоров'я: призводити до виникнення патологій різного характеру, порушувати нормальний розвиток дитячого організму тощо [1].

Поява в інфопросторі матеріалів про можливі наслідки вживання продуктів з вмістом синтетичних добавок привела до підвищення інтересу споживачів до цієї теми. Так, згідно з опитуваннями, середньостатистичний потенційний споживач при купівлі харчового продукту надасть перевагу продуктам без добавок, але якщо такі пропозиції відсутні на ринку, той самий споживач обере, за можливості, продукцію, яка містить натуральні добавки [2]. Тому протягом останніх років інтерес до натуральних харчових добавок та інгредієнтів невинно зростає як з боку споживачів, так і з боку виробників харчових продуктів.

Перспективним джерелом для отримання натуральних харчових добавок антиоксидантної дії є рослинна сировина. Вона містить цілий комплекс хімічних сполук, які володіють антиоксидантною дією та проявляють синергетичний ефект відносно один одного. Основними антиоксидантними сполуками рослин є каротиноїди, аскорбінова кислота, токофероли та фенольні сполуки.

На світовому ринку серед натуральних харчових добавок антиоксидантної дії найбільш популярними є екстракти зеленого чаю та розмарину. Основними недоліками їх є висока вартість і негативний вплив на органолептику продукту. Тому розроблення нових видів ефективних і безпечних рослинних добавок антиоксидантної дії з доступною ціною є актуальним питанням.

Аналізуючи різні аспекти розроблення інгредієнтів з рослин та їх використання у складі харчових продуктів (можливі токсичність, наявність вираженого фізіологічного впливу, специфічні органолептичні властивості, доступність) як сировину було обрано насіння сільськогосподарських культур (гречки, соняшнику та гірчиці), які мають високий вміст сполук антиоксидантної дії та широко використовуються харчовою промисловістю. З метою збільшення вмісту біологічно активних компонентів у сировині було вирішено піддати насіння пророщуванню.

Загальновідомо, що під час пророщування відбувається активація фізіолого-біохімічних процесів у насінні, зокрема активно синтезуються низькомолекулярні речовини з антиоксидантною дією (токофероли, аскорбінова кислота, фенольні сполуки). Згідно з літературними даними, залежно від виду, сорту сировини та умов пророщування концентрація вищезгаданих речовин збільшується в декілька разів [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Спроби введення до складу майонезу рослинних добавок зроблено різними авторами й описано в літературі [4—11]. З цією метою використано різні сировинні джерела та види інгредієнтів, а модельними системами слугували майонезні соуси, виготовлені за різними рецептурами.

Загальною тенденцією при модифікації складу майонезів можна вважати прагнення зменшити в них вміст жиру [4; 5] та покращити біологічну цінність. З цією метою до складу продукту вводили рослинні гідроколіди (модифікований кукурудзяний крохмаль, інулін, пектин, целюлозу, карагінани), яєчний порошок тощо. Перебіг окисних процесів у згаданих працях

не розглянуто, оскільки основною метою було вивчення питань збереження органолептичних властивостей продукту та стійкості емульсії.

Дослідження процесів окиснення ліпідів у майонезах розглянуто в працях, присвячених введенню до складу продукту різного виду олій і ліпідвмісних компонентів [6; 7]. Увагу авторів цих досліджень зосереджено на створенні продукту, в якому інтенсивність окислення ліпідів не змінюється порівняно з контрольним зразком, виготовленим за традиційною рецептурою.

Введення компонентів, багатих на антиоксиданти, описано у [8—11]. Як складові рецептур, що здатні уповільнювати окислення ліпідів, використано екстракти лікарських рослин і каротиноїдвмісні інгредієнти.

Так, у [8] досліджено ефективність введення до складу майонезу рослинних екстрактів з лікарської сировини як добавок антиоксидантної дії. Зокрема, вносили композиції з екстрактів меліси, бадану, шипшини, стевії у кількості 5% від водної фази майонезу. У готових продуктах визначали органолептичні властивості, фізико-хімічні показники (відповідно до ГОСТ 3004.1-93), простежували динаміку зміни пероксидного числа протягом 37 днів зберігання. Автори відмічають, що показники якості всіх дослідних зразків майонезів після приготування та після зберігання протягом 37 днів відповідали вимогам нормативних документів. Перекисне число на 37 день зберігання у зразках майонезу з додаванням екстрактів було на 38—45% нижче порівняно з контролем, який екстрактів не містив. Авторами відмічено, що додавання екстрактів суттєво впливало на органолептичні показники готового продукту, що обмежувало можливу кількість їх внесення.

Кількома групами дослідників [9; 10] розроблено технології майонезу з додаванням інгредієнтів рослинного походження, багатих на антиоксиданти. Так, науковцями Національного університету харчових технологій розроблено технологію майонезу з використанням збагачених каротином олій [9], технологію соусів емульсійного типу з додаванням каротиноїдного фітоолійного напівфабрикату [10]; фахівцями Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» описано технологію майонезу, збагаченого порошком шкірки винограду сорту Чорна перлина [11].

Автори усіх досліджень відмічають підвищення харчової цінності майонезів після додавання рослинних інгредієнтів, в тому числі збільшення вмісту сполук антиоксидантної дії. Однак даних досліджень щодо впливу рослинних компонентів на запобігання окисним процесам у продукті, а також їхнього впливу на зміну нормованих показників якості у процесі зберігання майонезів не представлено.

Отже, аналіз літературних джерел підтвердив, що дані про вплив рослинних інгредієнтів на якісні показники та харчову цінність майонезу дуже розрізнені, проте свідчать про певний вплив на перебіг окисних процесів і терміни зберігання продукту. Питання використання у складі цього виду соусу рослинних інгредієнтів-антиокислювачів є актуальним і потребує вивчення.

Метою дослідження є визначення ефективності використання у технології майонезу високожирного порошоків з пророщеного насіння сільськогосподарських культур як інгредієнтів з антиоксидантною дією та для підвищення його харчової цінності.

Матеріали і методи. Для дослідження використано насіння сільськогосподарських культур урожаю 2017 року. Перед пророщуванням насіннєвий матеріал мили, дезінфікували розчином 1% гіпохлориду, промивали до нейтральної реакції та замочували у дистильованій воді протягом 2 год за кімнатної температури. Пророщування проводили у чашках Петрі на фільтрувальному папері, за температури 18°C протягом 48 годин. Періодично зрошували насіння дистильованою водою. Отриманий матеріал піддавали короткочасному охолодженню до температури 4°C, що сприяло стимулюванню синтезу біологічно активних сполук [12]. Пророщене насіння висушували відповідно до попередньо експериментально підібраних умов [13] та подрібнювали на лабораторному млині до стану дрібнодисперсного порошку. В отриманих порошках визначали органолептичні показники, вміст аскорбінової кислоти колориметричним методом відповідно до рекомендацій [14], вміст фенольних сполук з використанням реактиву Фоліна-Чокальтеу за методикою [14], вміст токоферолів хроматографічно згідно з [15], антирадикальну активність з використанням реактиву ДФПГ за раніше описаною методикою [16], антиоксидантну активність за методикою [17]. Усі експерименти проводили у трикратній повторності, дані статистично обробляли, використовуючи комп'ютерну програму Statgraphics.

Як сировину для виготовлення контрольних зразків майонезу використовували олію соняшникову, яєчний порошок пастеризований, гірчичний порошок, цукор, сіль, оцет столовий 9%, ксантанову камідь, сорбінову кислоту. Модельні зразки готували за стандартними рецептурами, замінюючи частину традиційних компонентів на рослинні добавки у різних співвідношеннях і комбінаціях. Кількість внесення порошоків та максимальний рівень їх вмісту у складі майонезу визначали, враховуючи органолептичні показники отриманих зразків.

Показники якості готових майонезів визначали за методиками, регламентованими стандартом [18]. Визначення зміни вмісту продуктів окиснення жирів у дослідних зразках проводили за методикою [19] впродовж визначених термінів зберігання (протягом 21 доби за температури 10—12°C; протягом 30 діб за температури 2—6°C). Усі експерименти проводили у трикратній повторності, дані статистично обробляли.

Викладення основних результатів дослідження. При виборі компонентів майонезу керувались даними про вміст сполук антиоксидантної активності, вітамінів, поліненасичених жирних кислот у сировині. Враховували необхідність надання готовому продукту приємних органолептичних властивостей.

Визначено вміст сполук, що володіють антиоксидантною активністю (аскорбінової кислоти, токоферолів, фенольних сполук), рівень антирадикальної та антиоксидантної властивостей порошоків з пророщеного насіння гірчиці, соняшника, гречки. Результати досліджень наведено в табл. 1.

Встановлено, що всі зразки порошоків, одержані з пророщеного насіння, мали високий рівень антиоксидантної й антирадикальної активності. Враховуючи одержані результати, зазначені порошки визначено як інгредієнти, що можуть справляти антиоксиданту дію. Також досліджено можливість їх ефективного використання у складі майонезу з метою запобігання окисненню жирів.

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Таблиця 1. Вміст сполук антиоксидантної дії, антирадикальна та антиоксидантна активність порошків з пророщеного насіння

Сировина	Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г	Вміст токоферолів, мг/100 г	Вміст фенольних сполук, мг САЕ/100 г СР	Антирадикальна активність, мМ ААЕ/100 г СР	Антиоксидантна активність мМ ААЕ/100 г СР
Порошок гірчиці	6,7±2,13	—	1687,4±89,7	174,33±12,34	113,75±11,1
Порошок соняшнику	—	73,23±6,12	1545±68,9	196,5±32,1	145,6±16,6
Порошок гречки	34±4,1	21±1,21	1756,2±121,2	231,1±28,5	101,4±15,5

Зразки соусу готували в лабораторних умовах за загальноприйнятою методикою за розробленими рецептурами (табл. 2).

Таблиця 2. Рецептури майонезу

	Вміст компонента у рецептурі, % / № з/п зразка							
	Контр-роль	1	2	3	4	5	6	7
Олія соняшникова	65	65	65	65	65	65	65	65
Яєчний порошок пастеризований	4	4	4	4	4	4	4	4
Порошок пророщеного насіння соняшнику	—	2,5	5	—	—	—	—	5
Порошок пророщеного насіння гречки	—	—	—	1	2	—	—	—
Порошок пророщеного насіння гірчиці	—	—	—	—	—	1,5	3	1,5
Гірчичний порошок	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	—	0,2
Цукор	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Сіль	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Оцет столовий, 9%	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Ксантанова камідь	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Сорбінова кислота	0,001	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Вода	Решта							

При виготовленні майонезу порошок з насіння вносили у кількості від 1 до 5%, обирали найприйнятніший за вказаними параметрами вміст добавки в рецептурі (%), що склав для порошку з насіння соняшнику 2,5, 5 (зразки 1, 2);

порошку з насіння гречки 1, 2 (зразки 3, 4); порошку з насіння гірчиці 1,5; 2; 3 (зразки 5, 6, 7).

Досліжували показники якості нових видів майонезу з підібраними співвідношеннями рецептурних компонентів. Першим етапом було проведення органолептичного оцінювання, для якого використано науково-розроблену бальову шкалу. Обрано дескриптори для проведення сенсорної оцінки продукту, кожен зразок оцінено за інтенсивністю вираженості дескрипторів за 5-бальною шкалою. Для остаточної органолептичної оцінки побудовано профілі смаку та запаху, консистенції, кольору та зовнішнього вигляду у вигляді діаграми. Профілограми зразків майонезу з різним співвідношенням компонентів представлено на рис. 1.



Рис. 1. Профілограма органолептичних показників зразків майонезів

З даних рис. 1 видно, що органолептичні властивості продуктів, які містять добавку, не погіршувались за різного її вмісту в рецептурі, при цьому всі зразки майонезу мали добру консистенцію, прийнятні смако-ароматичні властивості.

Встановлено, що експериментальні зразки майонезу з додаванням порошку з насіння сільськогосподарських культур за фізико-хімічними й органолептичними показниками відповідали вимогам чинної нормативно-технічної документації (табл. 3).

Таблиця 3. Органолептичні та фізико-хімічні показники майонезу

Найменування показника	Нормативне значення	Значення показників експериментальних зразків
1	2	3
Масова частка жиру, %, не менше	55,0	66,8—67,9
Масова частка води, %, не більше	31,0	20—21
Кислотність, %, у перерахунку на оцтову кислоту, не більше	1,0	0,85—0,9

1	2	3
Стійкість емульсії, відсоток незруйнованої емульсії, не менше	98,0	98,4—99,2
Перекисне число, ммоль активного кисню / кг, не більше	10	0,7—1,2
Органолептичні показники: Зовнішній вигляд	Однорідний кремopodobний, густий продукт з поодинокими бульбашками повітря	Однорідний кремopodobний густий продукт з поодинокими бульбашками повітря
Смак та запах	Притаманний високожирному майонезу, збалансований	Притаманний високожирному майонезу, збалансований, з нотами рослинної добавки
Колір	Кремovo-білий	Кремувато-жовтий

Зразки соусу зберігали за температури +4, +10°C. За цих умов досліджено зміну властивостей продукту та встановлено граничний термін його зберігання, при якому зменшується вміст корисних речовин і змінюються органолептичні показники. Критеріями, за якими оцінювали збереженість продукту, були органолептичні та фізико-хімічні показники, крім того, особливу увагу звертали на значення показника перекисного окиснення (рис. 2).

З представлених на рис. 2 даних видно, що зразки майонезу з додаванням порошків мають значно нижчі значення пероксидного числа. Найкращі результати щодо запобігання окисненню жиру мав зразок з внесенням комбінації порошків соняшнику та гірчиці білої у кількості 5% та 1,5% відповідно (зразок № 7). Пероксидне число у цьому зразку було нижчим у середньому на 45% (на 28 добу зберігання за температури 4°C) та 42% (на 21 добу зберігання за температури 10°C) порівняно з контрольним. Найгірші результати щодо запобігання перекисного окиснення були зафіксовані у зразку майонезу з додаванням порошку гречки у кількості 1% (зразок № 3).

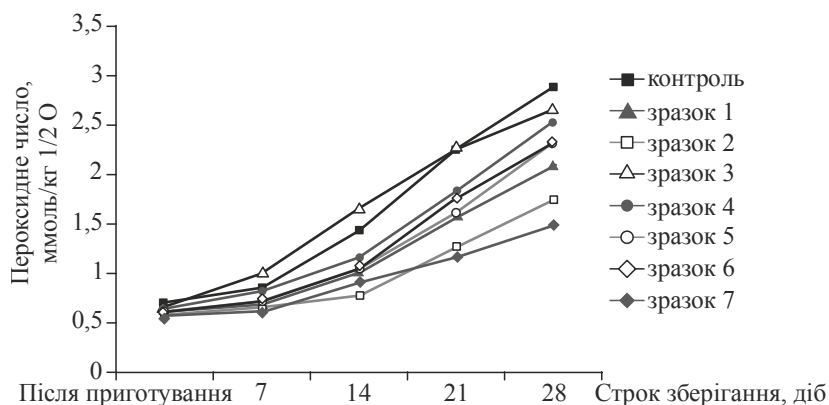


Рис. 2а. Динаміка зміни пероксидного числа у досліджуваних зразках майонезу впродовж зберігання за температури, +4°C

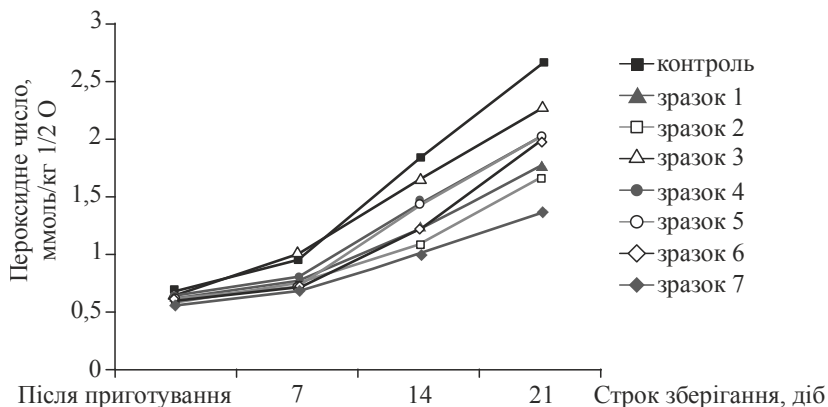


Рис. 26. Динаміка зміни пероксидного числа у досліджуваних зразках майонезу впродовж зберігання за температури, +10°C

Визначено показники якості соусів впродовж зберігання. Дослідні дані щодо зміни цих показників наведено в табл. 4.

Встановлено, що впродовж усього строку зберігання погіршення органолептичних властивостей продукту не відбувається. При зберіганні за температури +4°C перші ознаки псування досліджуваних зразків, а саме: невідповідність стійкості емульсії нормативним значенням, відмічено на 28 добу в зразках з максимальним вмістом порошоків (зразки № 2 та № 7). При зберіганні зразків за температури +10°C погіршення стійкості емульсії та перевищення нормованих значень кислотності відбулося на 21 добу (зразки № 2, № 4, № 7). Тому подальшого моніторингу зміни показників якості за цієї температури не проводилось.

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники майонезу з додаванням порошоків з пророщеного насіння в процесі зберігання за різних температур

Фізико-хімічні показники	Час зберігання (доба)/температура				
	1	7	14	21	28
	+4°C				
Кислотність, %, у перерахунку на оцтову кислоту	0,85—0,9	0,86—0,92	0,87—0,94	0,9—0,98	0,93—1,2
Стійкість емульсії, відсоток незруйнованої емульсії, не менше	99,2—98,4	99,1—98,4	99,1—98,3	98,8—98,1	98,6—97,5
+10°C					
Кислотність, %, у перерахунку на оцтову кислоту	0,85—0,9	0,87—0,94	0,9—0,98	0,92—1,05	—
Стійкість емульсії, відсоток незруйнованої емульсії, не менше	99,2—98,4	99,0—98,4	98,6—98,0	98,0—97,1	—

Мікробіологічний аналіз зразків показав, що вміст дріжджових клітин і плісневих грибів не перевищував максимально допустимих рівнів (складав відповідно $2,2 \cdot 10^2$ та $3,0$ КУО/см³ — у контрольному та в середньому біля $2,0 \cdot 10^2$ та $1,0$ — $2,0$ КУО/см³ — у дослідних зразках), відповідаючи гігієнічним вимогам. Бактерій групи кишкової палички та патогенних мікроорганізмів у досліджуваних зразках протягом усього періоду зберігання не виявлено.

Висновки

Показано можливість внесення порошків з пророщеного насіння гречки, гірчиці, соняшника до складу рецептури майонезу у кількості від 1 до 5%, із забезпеченням якості виробів за всіма нормативними показниками відповідно до ДСТУ 4487:2005 Майонез. Загальні технічні умови.

Створення нового виду соусу сприятиме розширенню асортименту продукції цього виду та дасть змогу отримати продукт з поліпшеними органолептичними характеристиками та покращеним якісним складом.

Література

1. Carocho M., Barreiro M. F., Morales P., Ferreira I. Adding molecules to food, pros and cons: A review of synthetic and natural food additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. № 13. P. 377—399.
2. Antioxidants Market Focuses On Natural Ingredients to Boost Growth Opportunities. *Frost & Sullivan*. URL: <https://ww2.frost.com/news/press-releases/antioxidants-market-focuses-natural-ingredients-boost-growth-opportunities/> (дата звернення: 28.04.2018).
3. Fernandez-Orozco R., Frias J., Zielinski H., Piskula M., Kozłowska H. Kinetic study of the antioxidant compounds and antioxidant capacity during germination of *Vigna radiata* cv. emerald, *Glycinemax* cv. Jutro and *Glycine max* cv. Merit. *Food Chemistry*. 2008. Vol. 111, No. 3. P. 622—630.
4. Alu'datt M, Rababah T, Alhamad M, Ereifej H, Gammoh S, Kubow S, Tawalbeh D. Preparation of mayonnaise from extracted plant protein isolates of chickpea, broad bean and lupin flour: chemical, physiochemical, nutritional and therapeutic properties. *J. Food Sci. Technol.* 2017. Vol. 54, No. 6. P. 1395—1405.
5. Mun S., Kim Y., Kang C., Park K., Shim J., Kim Y. Development of reduced-fat mayonnaise using 4 α GTase-modified rice starch and xanthan gum. *Int. J. Biol. Macromol.* 2009. Vol. 44, No. 5. P. 400—407.
6. Jacobsen C, Timm M, Meyer AS. Oxidation in fish oil enriched mayonnaise: Ascorbic acid and low pH increase oxidative deterioration. *J. Agric. Food Chem.* 2001. Vol. 49, No. 8. P. 3947—3956.
7. Raudsepp P., Brüggemann D.A., Lenferink A., Otto C., Andersen M.L. Oxidative stabilization of mixed mayonnaises made with linseed oil and saturated medium-chain triglyceride oil. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 152. P. 378—385.
8. Гореликова Г., Скубаев П. Исследование возможности включения в состав майонеза растительного экстракта антиоксидантного. *Техника и технология пищевых производств*. 2009. № 4. С. 27а—30.
9. Бахмач В.О., Бабенко В.І., Левчук І.В., Падалка Т.В. Технологія майонезів на основі яєчних продуктів з використанням збагачених каротином олій. *Продукты & Ингредиенты*. 2012. № 5, 91. С. 46—48.
10. Лявинець Г.М., Гавриш А.В., Неміріч О.В., Арсеньєва Л.Ю. Технологія соусів емульсійного типу підвищеної харчової цінності. *Наука та інновації*. 2013. Т. 9, № 6. С. 15—19.
11. Анан'єва В.В., Кричковська Л.В., Белінська А.П., Варакіна О.О. Особливості технології харчових олієжирових емульсій оздоровчого призначення *Вісник НТУ «ХПИ»*. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2016. № 29, 1201 С. 55—61.

12. Ясінська І.Л., Іванова В.Д. Вплив низьких температур на вміст сполук антиоксидантної дії в пророщеному насінні сільськогосподарських культур. *Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*: збірник матеріалів 82 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Частина 1. (м. Київ, 13—14 квіт. 2016 р.). Київ, 2016. С. 43.
13. Ясінська І.Л., Іванова В.Д. Вплив параметрів сушіння на вміст сполук антиоксидантної дії у пророщеному насінні сільськогосподарських культур. *Наукові здобутки молоді — вирішення проблем харчування людства у XXI столітті*: збірник матеріалів 83 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Частина 1. (м. Київ, 5—6 квіт. 2017 р.). 2017. С. 42.
14. Р. 4.1.1672-03. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. [Действителен от 2003-07-01]. Москва: Издательство стандартов, 2003. 183с.
15. AOAC. Official methods of analysis (15th ed.) / Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC., 1990. Vol. 1. 771 p.
16. Ivanova V., Yasinska I. Antioxidant activity of extracts from plants growing in Ukraine. *Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae universitatis presoviensis. Natural sciences. Biology-Ecology*. 2013. Vol. XLII. P. 98—104.
17. Kuo J., Yeh D., Sun Pan B. Rapid photometric assay evaluating antioxidative activity in edible plant material. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999 № 47. P. 3206—3209.
18. ДСТУ 4487:2005. Майонез. Загальні технічні умови. [Чинний від 25.11.2005]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 17 с.
19. ДСТУ 4570:2006. Жири рослинні та олії. Метод визначання пероксидного числа. [Чинний від 01.01.2008]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 6 с.

**THE THEORY AND PRACTICE OF UPDATING
OF RAW MATERIALS CONTAINING STARCH
FOR CREATION OF A NEW FOODSTUFF**

V. Litvyak

*Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of
Belarus, Republic Belarus, Minsk*

Key words:

*Starch
Technology
Processing
Updating*

Article history:

Received 16.01.2019
Received in revised form
30.01.2019
Accepted 11.02.2019

Corresponding author:

V. Litvyak
E-mail:
besserk1974@mail.ru

ABSTRACT

The current scientific direction of research in recent years is the highly efficient, waste-free and environmentally friendly technologies for the deep processing of starchy plant-based agricultural raw materials.

New scientific data were obtained on the morphology, phase structure, IR spectroscopy of the native: corn, potato, and tapioca, wheat, rice, rye, pea, amaranth, barley, sorghum, triticale, oat starch, modified (physically, physico-chemical, chemically and biochemically) starch products and starch-containing biocomposites. Highly effective technologies of processing starch and containing starch raw materials were developed: updatings of starch using the physical, physical and chemical, chemical and biochemical factor of the updating, allowing to receive extruded, irradiated, electrochemically and chemically oxidized, cationic and enzymatically split products from starch. The mechanism of the physical, chemical and combined updating starch and containing starch biocomposites was studied. The empirical mathematical model of extrusion on the basis of the factorial experiment, connecting parameters extrusion with molecular weight of polymers was created. It was investigated the influence of various types on the level of microbiological insemination of starch and starch products. The theoretical model of formation organoleptic properties of potato composites and hypothesis of a process of blanching was offered. For the first time, a scientifically based and unparalleled in the world technology of obtaining food concentrate based on potatoes and potato drink was proposed. 18 technical conditions were developed, 9 acts of implementation and 20 acts of the practical use of research results were received.

Complex scientific research of influence of biologically active substances of process of cellular accumulation of starch and development of scientifically-technological bases of creation of competitive technologies of processing and containing starch of raw materials with use of physical, physical and chemical, chemical and biochemical modifying factors was executed.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-26

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА МОДИФИКАЦИИ КРАХМАЛОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

В.В. Литвяк

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, Республика Беларусь, г. Минск

Актуальным научным направлением исследований последних лет являются высокоэффективные, безотходные и экологически безопасные технологии глубокой переработки крахмалосодержащего растительного сельскохозяйственного сырья.

Получены новые научные данные о морфологии, фазовой структуре, ИК-спектроскопии нативного: кукурузного, картофельного, а также тапиокового, пшеничного, рисового, ржаного, горохового, амарантового, ячменного, соргового, тритикалевого, овсяного крахмала, модифицированных (физически, физико-химически, химически и биохимически) крахмалопродуктов и крахмалосодержащих биокомпозигов. Разработаны высокоэффективные технологии переработки крахмала и крахмалосодержащего сырья: модификации крахмала с использованием физического, физико-химического, химического и биохимического фактора модификации, позволяющие получать экструзионные, облученные, электрохимически и химически окисленные, катионные и ферментативно расщепленные крахмалопродукты. Изучен механизм физической, химической и комбинированной модификации крахмала и крахмалосодержащих биокомпозигов. Создана эмпирическая математическая модель экструзии на основе факторного эксперимента, связывающей параметры экструзии с молекулярной массой полимеров. Исследовано влияние различных типов воздействия на уровень микробиологической обсемененности крахмала и крахмалопродуктов. Предложена теоретическая модель формирования органолептических свойств картофельных композигов и гипотеза процесса блиншировки. Впервые предложена научно обоснованная и не имеющие аналогов в мире технология получения пищевого концентрата на основе картофеля и картофельного напитка. Разработано 18 технических условий, получено 9 актов внедрения и 20 актов о практическом использовании результатов исследований.

Разработаны научно-практические основы создания импортозамещающих высокоэффективных, экологически безопасных технологий получения модифицированных крахмалов и крахмалосодержащего сырья с использованием физических, физико-химических, химических и биохимических модифицирующих факторов для создания новых продуктов питания.

Ключевые слова: крахмал, технология, модификация, продукты питания.

Постановка проблемы. В последнее время в пищевой промышленности широкое применение получили различные виды нативных и модифицированных крахмалов с целенаправленно измененными свойствами в результате их обработки физическими, физико-химическими, химическими или биохимическими способами.

Большой вклад в разработку научно-практических основ создания крахмало-содержащих модифицированных продуктов внесли работы Р.В. Керра, М. Рихтера, А.И. Жушмана, Н.Н. Трегубова, Н.Р. Андреева, Н.Д. Лукина, Н.Г. Гулюка, В.Г. Карпова, Т.А. Ладур, В.Г. Костенко и др. [1—14].

Однако до настоящего времени не до конца исследованы особенности и механизмы модификации крахмала и крахмалосодержащего сырья. Таким образом, исследования физико-химических, технологических и органолептических свойств крахмала и крахмалопродуктов, а также создание современных высокоэффективных технологий получения модифицированных крахмалов и продуктов из крахмалосодержащего модифицированного сырья является актуальной проблемой для пищевой промышленности.

Цель исследования: разработка научно-практических основ создания импортозамещающих высокоэффективных, экологически безопасных технологий получения модифицированных крахмалов и крахмалосодержащего сырья с использованием физических, физико-химических, химических и биохимических модифицирующих факторов для создания новых продуктов питания.

Объекты и методы. Объектами исследований были нативные (картофельный, кукурузный, тапиоковый, пшеничный, рисовый, ржаной, гороховый, амарантовый, ячменный, сорговый, тритикалевый, овсяный), модифицированные различными способами крахмала, крахмалосодержащие продукты (мука, картофелепродукты, картофельная мезга) и полученные на их основе новые продукты питания.

При проведении исследований применяли ИК-спектрометрию, сканирующую электронную микроскопию (сканирующий электронный микроскоп LEO 1420 и вакуумную установку EMITECH K 550X), световую микроскопию (световой микроскоп Zeiss Axiostar plus и цифровую фотокамера Panasonic DMC-LZ1), рентгеновскую дифрактометрию (рентгеновский дифрактометр HZG 4A), спектроскопию (однолучевой Фурье-спектрометр модели Перкин Эльмер «Спектрум 1000» и ЯМР-спектрометре Bruker AC 400), хроматографию (высокоэффективный жидкостный хроматограф Agilent Technologies 1200 Series, хроматографические колонки: Eclipse XDB-C18, Zorbax SB-Aq и Nucleogel GFC 1000-8), спектрофотометрию (спектрофотометр Specord M 40), визкозиметрию (ротационные вискозиметры: Rheotest 2.1, Брукфилда LVDV-II+Pro), титрометрию и другие стандартные методы физико-химического и микробиологического анализа в соответствии с ТНПА: ГОСТ 7698, ГОСТ 8756.13, ГОСТ 8756.22, ГОСТ 24556, ГОСТ 25999, ГОСТ 26668, ГОСТ 26669, ГОСТ 26670, ГОСТ 10444.15, ГОСТ 30518, ГОСТ 30519, ГОСТ 10444.12.

Компьютерное моделирование химических и технологических процессов осуществляли на кластерном суперкомпьютере СКИФ-ОИПИ. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием компьютерных программ MathCad Professional-2000 и MS Office Excel-2003 [11].

Результаты исследований и их обсуждение. Исследована молекулярная и надмолекулярная структура крахмалов, крахмалопродуктов и крахмалосодержащих биоконструктов. Доказано, что морфологическая и фазовая структура крахмалов зависит от вида растительного крахмалосодержащего сырья и от его сортовой принадлежности. Для оценки нативных крахмалов предложен коэффициент сродства к модифицирующему физическому фактору (кри-

терий — средний размер крахмальной гранулы) и коэффициент сродства к модифицирующему химическому фактору (критерий — относительная степень аморфности). Установлено, что реакции химической модификации протекают более интенсивно в аморфных более сильно окрашенных участках крахмального зерна. Предложена научно-обоснованная модель химической модификации крахмальной гранулы (рис. 1).

В ходе моделирования молекулярной динамики амилозы, состоящей из 40 остатков глюкопиранозы и имеющей общую длину 117Å, нами обнаружено, что изолированная цепь амилозы не обладает стабильной структурой (рис. 2). За отрезок в 1 мкс мы пронаблюдали «биение» цепочки молекулы амилозы и ее общую конформационную нестабильность структуры расположения звеньев. Ионная сила раствора не оказала влияние на характер «биения».

Увеличение молекулярной массы и разветвление структуры молекулы кардинально меняет характер движения отдельных участков цепи (рис. 2). Так, по сравнению с амилозой, амплитуда движений молекулы амилопектина, имеющей одну «якорную» В-цепь состоящую из 43 глюкопиранозных остатков и 6 боковых А-цепей из 16 остатков глюкопиранозы, намного более узкая.

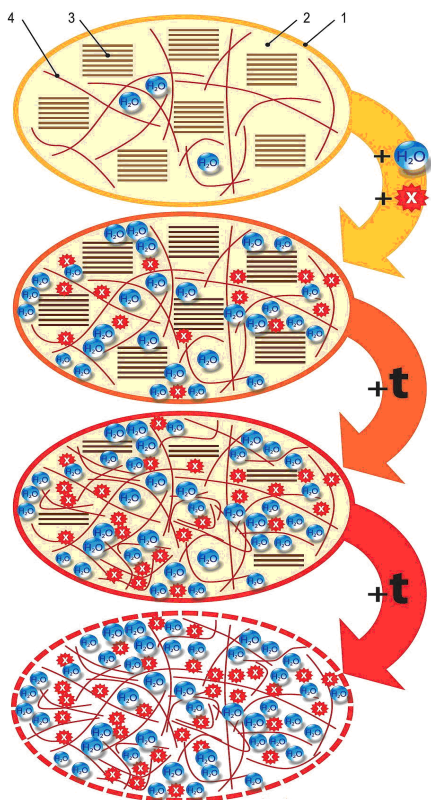


Рис. 1. Механизм химической модификации крахмальной гранулы: 1 — крахмальная гранула; 2 — внутренняя полость крахмальной гранулы; 3 — кристаллический участок; 4 — аморфный участок

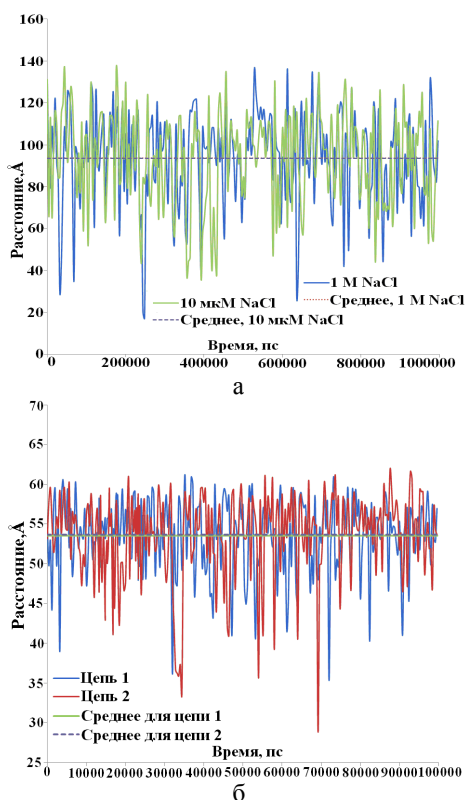
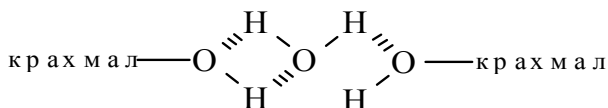


Рис. 2. Сравнение расстояния между концевыми атомами углерода молекулы крахмала: а — между концевыми атомами O1 и O4 амилозы (40 остатков глюкозы), б — между концами 2 А-цепей амилопектина

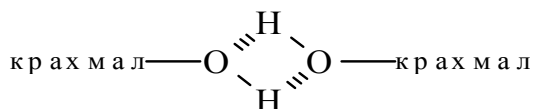
Таким образом, на основании сравнительного исследования молекулярной динамики мы сделали предположение о том, что амилоза является разрушающим фактором крахмальной гранулы, приводящим к образованию аморфных участков в ней, а амилопектин способствует формированию кристаллических участков.

В результате выполненных исследований нами предложен высокоэффективный, экономный и экологически безопасный способ получения нативного крахмала, при котором осуществляют подготовку крахмалосодержащего сырья к переработке, проводят исследование морфологической структуры крахмала в крахмалосодержащем сырье с определением размера крахмальных гранул, подготовленное сырье измельчают, высушивают до удаления из растительных клеток свободной и связанной влаги, подвергают тонкому измельчению для разрушения растительных клеток и извлекают крахмал путем многократного просеивания через систему специальных сит, подобранную в соответствии с размерами крахмальных гранул перерабатываемого крахмалосодержащего сырья с последующей фасовкой, упаковкой, маркировкой и транспортировкой крахмала.

Водородная связь способна появляться между атомами водорода и кислорода гидроксильных групп *D*-глюкопиранозных остатков через имеющиеся в крахмале молекулы воды:



При высушивании растительного сырья до абсолютно сухого состояния происходит практически полное удаление воды из растительной клетки, следствием чего является существенное уменьшение количества водородных связей. Оставшиеся водородные связи крахмала образуются между атомами водорода и кислорода гидроксильных групп α -*D*-глюкопиранозы, что приводит к полной ликвидации их химической активности:



Происходит своего рода «закрытие» гидроксильных групп при помощи водородной связи, что является защитной реакцией молекулы от чрезмерного повышения температуры в процессе сушки и максимально возможной внутримолекулярной стабилизации. Процесс внутримолекулярной стабилизации при помощи водородных связей, универсален и характерен для любых биомолекул (белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот). Таким образом, при высушивании растительного сырья уменьшается сцепление биомолекул и процесс извлечения крахмала существенным образом облегчается.

В результате фазового и морфологического анализа установлено, что картофельное пюре, полученное с предварительной бланшировкой и без неё является абсолютно аморфным гало. На основании полученных нами реоло-

гических характеристик картофельного пюре предложена гипотеза процесса бланшировки (рис. 3). Процесс бланшировки многостадийный и сложный. В процесс бланшировки принимают участие все компоненты биокomпозитного материала (белки, углеводы, жиры и др.). Сущность процесса бланшировки, на наш взгляд, заключается в ориентации определенным образом функциональных группировок различных компонентов биокomпозитного материала в водной среде. В результате данной ориентации происходит взаимодействие отрицательно и положительно заряженных функциональных группировок и образуется «комочкообразные» вторичные аморфные образования (не плотно упакованные), которые легко разрушаются при сдвиговой нагрузке.

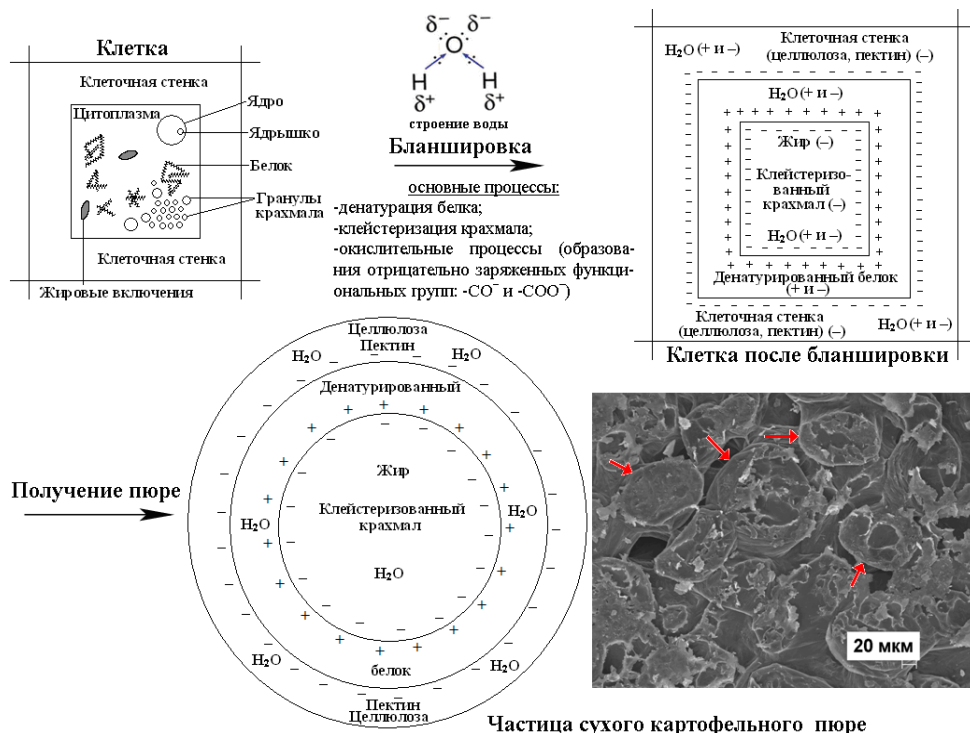


Рис. 3. Влияние процесса бланшировки на свойства картофельного пюре

Теоретически обосновано и практически подтверждено, что в формировании органолептических свойств картофеля принимают участие все его химические составляющие: аминокислоты, белки, сахара, жиры, алколоиды и т.д. (рис. 4). Установлено, что в продукте, подвергнутом разным технологическим обработкам (варке, жарке, приготовлению пюре), наблюдается потеря массы (3—50%), воды (1—66%), белков (3—6%), жиров (1—16%), углеводов (моно- и дисахаридов — 15—36%, крахмала — 4—10%, клетчатки — 1—6%), органических веществ (4—13%), золы (10—40%), минеральных веществ (Na — 10—80%, K — 6—33%, Ca — 3—28%, Mg — 6—39%, P — 3—30%, Fe — 3—40%) и витаминов (β -каротин — 0—20%, витаминов B_1 — 5—34%, B_2 — 5—20%, PP — 3—30% и C — 15—74%). Органолептические свойства зависят от

сахаро-аминокислотной реакции, в результате которой образуются летучие и окрашенные продукты, которые и обуславливают вкус, аромат, цвет и снижение питательной ценности картофеля, подвергнутого термообработке. Текстуру картофеля обуславливает крахмал, содержащий большое количество фосфатных групп. На органолептические свойства картофеля большое влияние оказывает образующийся при термическом разложении глюкозы — оксиметилфурфурол.

Разработана технология физической модификации крахмала и крахмалосодержащего сырья методом экструзии без предварительного увлажнения (рис. 5 и 6, табл. 1).



Рис. 4. Теоретическая модель формирования органолептических свойств картофельных композитов

При экструзии не происходит изменений функционального состава крахмало-содержащего сырья, а наблюдается перераспределение системы межмолеку-

лярных водородных связей. Экструзионная обработка крахмала существенно понижает качественный и количественный аминокислотный состав, что является основой получения продуктов с низким содержанием белка для диетического питания детей с генетическими заболеваниями (целиакией и фенилкетонурией). Количество жира у экструзионных крахмалопродуктов понижается на 0,28—1,09%. Экструзионные крахмалопродукты обладают хорошими органолептическими и микробиологическими показателями. Растворимость в холодной воде экструзионных крахмалов более 90%: кукурузного — 90,1—93,3%, картофельного — 93,1—99,9%, тапиокового — 99,4—99,9%. Вязкость 5-процентных клейстеров картофельного (0,008—0,016 Па·с) и кукурузного (0,008—0,015 Па·с) крахмалов, экструдированных в одинаковых режимах, имеет близкие значения, а тапиокового (0,012—0,030 Па·с) в 2 раза выше.

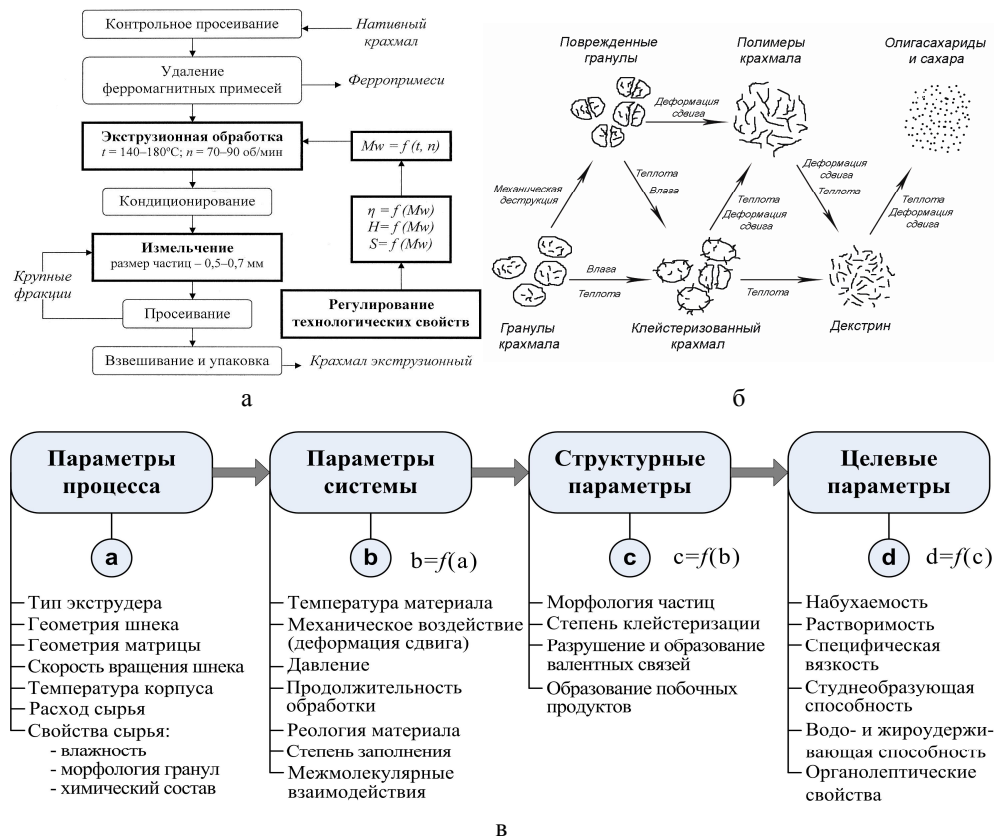


Рис. 5. Экструзия крахмала: а — технология производства экструдированных продуктов из крахмалосодержащего сырья; б — модель деградации крахмала в процессе экструзии; в — системно-аналитическая модель

По результатам факторного эксперимента построена эмпирическая математическая модель (рис. 6), связывающая параметры экструзии ($t = 140-180^{\circ}\text{C}$, $n = 70-90$ об/мин) с Mw полимеров и коэффициентом полидисперсности (Kp).

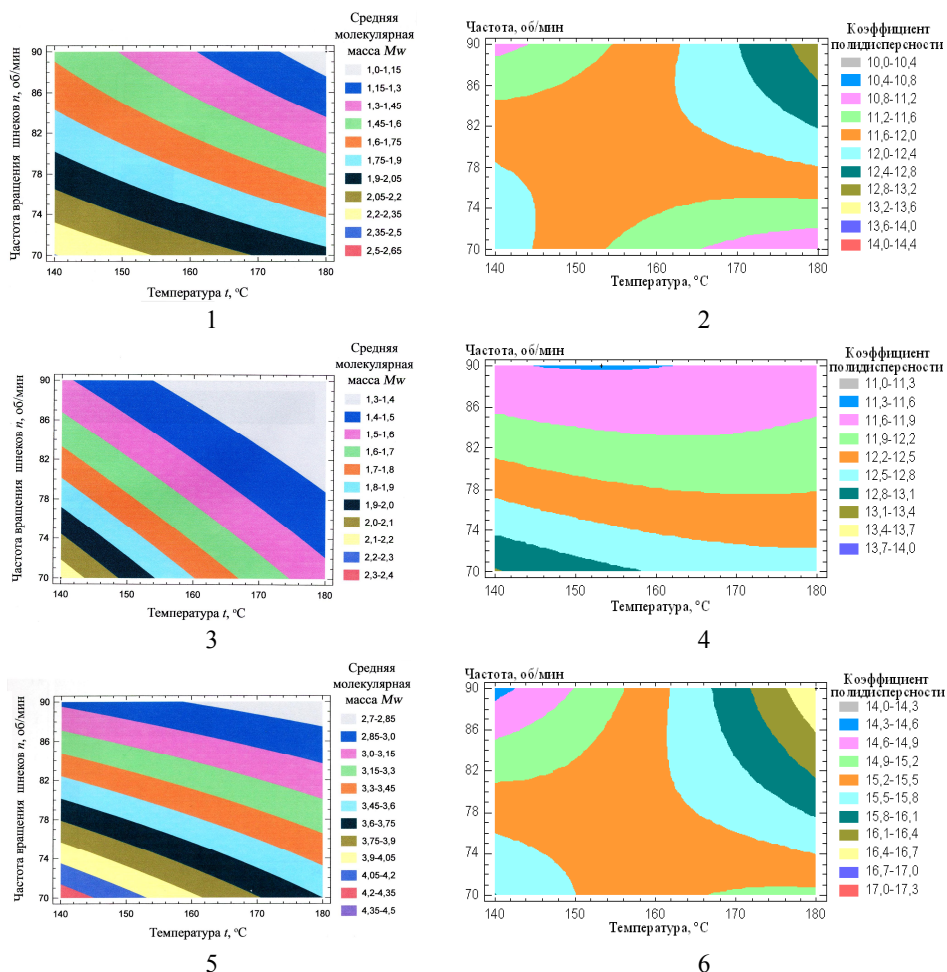


Рис. 6. Поверхности отклика для экструзионного крахмала
 молекулярная масса: 1 — картофельного; 3 — кукурузного; 5 — тапиокового;
 полидисперсность: 2 — картофельного; 4 — кукурузного; 6 — тапиокового

$$Mw_{\text{картоф.}} = 9,59386 - 0,00950 \cdot t - 0,11473 \cdot n +$$

$$+ 0,000023 \cdot t^2 - 0,00012 \cdot t \cdot n + 0,00057 \cdot n^2$$

$$Kp_{\text{картоф.}} = 57,0016 - 0,4781 \cdot t - 0,2115 \cdot n +$$

$$+ 0,00049 \cdot t^2 + 0,0041 \cdot t \cdot n - 0,00265278 \cdot n^2 ;$$

- для кукурузного:

$$Mw_{\text{кукур.}} = 17,8668 - 0,09543 \cdot t - 0,17427 \cdot n +$$

$$+ 0,00013 \cdot t^2 + 0,00054 \cdot t \cdot n + 0,00041 \cdot n^2$$

$$Kp_{\text{кукур.}} = 40,8753 - 0,1502 \cdot t - 0,3510 \cdot n +$$

$$+ 0,0003 \cdot t^2 + 0,0008 \cdot t \cdot n + 0,0010 \cdot n^2 ;$$

- для тапиокового:

$$Mw_{\text{тапиок.}} = 20,1901 - 0,07592 \cdot t - 0,19173 \cdot n + \\ + 0,00005 \cdot t^2 + 0,00060 \cdot n + 0,00026 \cdot n^2$$

$$Kp_{\text{тапиок.}} = 62,7776 - 0,4115 \cdot t - 0,4029 \cdot n + \\ + 0,0005 \cdot t^2 + 0,0035 \cdot t \cdot n - 0,0010 \cdot n^2.$$

Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы в производстве экструзионных крахмалов для точного управления технологическими режимами с целью получения конечного продукта с заданной молекулярной массой, степенью полидисперстности и как результат этого стабильными свойствами: реологическими характеристиками, растворимость и т.д. (табл.).

Таблица. Взаимосвязь средней молекулярной массы крахмала с технологическими показателями

Тип крахмала	Технологические показатели	
	Растворимость, (S, %)	Вязкость, (η , мПа·с)
Картофельный	$S = -8,48 \ln(Mw) + 100,0; R^2 = 0,924$	$\eta = 3,338Mw + 6,879; R^2 = 0,923$
Кукурузный	$S = -5,72 \ln(Mw) + 93,95; R^2 = 0,859$	$\eta = 5,248Mw + 2,932; R^2 = 0,911$
Тапиоковый	$S = -0,98 \ln(Mw) + 100,7; R^2 = 0,872$	$\eta = 5,269Mw + 8,442; R^2 = 0,912$

Разработаны технологии физико-химической модификации крахмала пучком ускоренных электронов и электрическим током, которые могут найти широкое применение в пищевой промышленности.

Облучение крахмала ионизирующим излучением в виде пучка ускоренных электронов с энергией 6—7 МэВ и дозой 5—10 кГр приводит к полному уничтожению имеющейся в нём микрофлоры. Облучение картофельного крахмала дозой 110—440 кГр приводит к его значительной аморфизации с сохранением исходной морфологии крахмальных гранул. Повышается общая титруемая кислотность крахмала за счет образования органических кислот (щавелевой, яблочной, молочной, уксусной, лимонной и янтарной), и растворимость, которые впоследствии существенно понижаются, вплоть до получения крахмалов нерастворимых в воде. Для стабилизации физико-химических свойств облученного крахмала целесообразно использовать контактную сушку на вальцовых сушилках 30—40-процентной суспензии или экструзионную обработку с добавлением 1—3% сухого льда при температуре 120—180°C. Предварительная экструзия или контактная сушка приводит к клейстеризации (разрушению крахмальных гранул и частичной деструкции поперечных цепей крахмала), вызывая повышение эффекта облучения вследствие увеличения возможных вариантов рекомбинации амилозы и амилопектина.

Проведена модификация крахмала электрохимическим способом (рис. 7), пропуская аналит — 30-процентную крахмальную суспензию — через электролизер в течение 60 мин при постоянной температуре электролитов и силе тока 0,2—7А. Постоянство силы тока достигалось при постепенном уменьшении напряжения на электродах. Катализатор — 2-процентный раствор NaCl. Электрический ток снижает pH крахмальной суспензии. С повышением

силы тока увеличивается содержание карбоксильных (с 0,005 до 0,027%) и карбонильных — альдегидных и кетонных — (с 0,003 до 0,019%) групп при одновременном снижении средней степени полимеризации (с 1349 до 975%), средней массы степени полимеризации (с 9807 до 4689%) и полимолекулярности (с 7,27 до 4,81%). При пропускании электрического тока образуются хлорсодержащие неселективные окислители и соляная кислота, воздействие которых и обуславливает электрохимическую модификацию крахмала.

Разработан способ получения окисленных крахмалов с использованием высокоэффективного неспецифического газообразного окислителя — озона, при котором 30—40-процентную крахмальную суспензию или сухой крахмал обрабатывают озono-воздушной смесью в течение 5—60 мин при температуре не выше 40°C и pH среды не более 7; при этом концентрация озона в озono-воздушной смеси составляет 115—500 мгО₃/м³, а в суспензии — 2—15 гО₃/м³. Озонированные крахмалы обладают хорошими потребительскими свойствами (микробиологической чистотой, повышенной вязкостью клейстера, умеренной кислотностью и хорошей желирующей способностью).

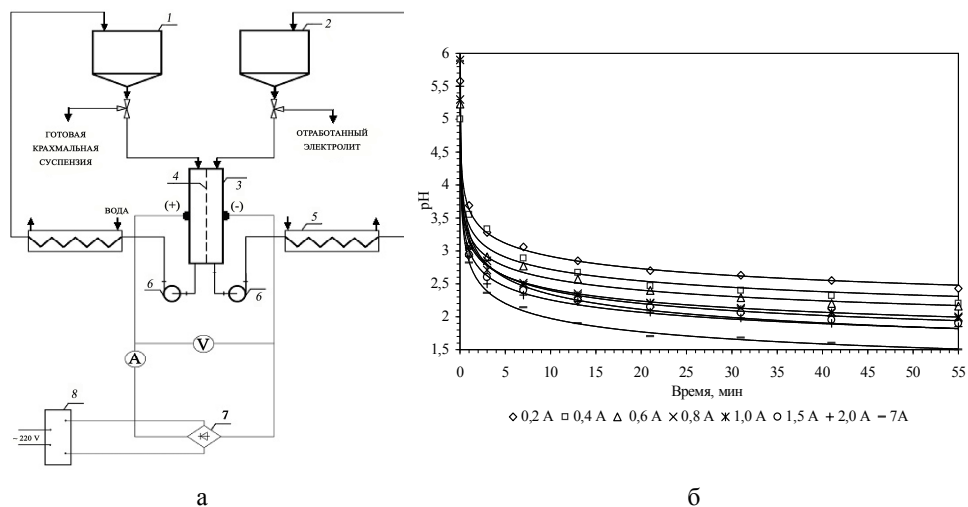


Рис. 7. Физико-химический способ модификации крахмала:

- а — схема лабораторной установки: 1 — емкость для крахмального молочка; 2 — емкость для электролита; 3 — электролизер; 4 — ионообменная мембрана; 5 — холодильник; 6 — насос; 7 — диодный мостик; 8 — автотрансформатор; V — вольтметр; A — амперметр; б — изменение водородного показателя при электрохимическом окислении картофельного крахмала

Изменения молекулярной и надмолекулярной структуры окисленного перекисью водорода крахмала незначительны (рис. 8). Наблюдается некоторое увеличение степени кристалличности окисленного крахмала. Существенные изменения морфологической структуры происходят только при использовании больших концентраций окислителя (изменяется форма гранул, появляются трещины, бороздки и другие дефекты на поверхности гранул). Значительно повысить степень окисления и деструкции крахмала можно, увеличив одновременно концентрации H₂O₂ и FeSO₄ или ионов H⁺ в растворе, в то время как

продолжительность реакции окисления в меньшей степени влияет на содержание введенных карбоксильных и карбонильных групп, а также на динамическую вязкость. При окислении крахмала в присутствии катализаторов в результате сорбции крахмальными зёрнами неорганических веществ, растворенных в жидкой фазе, массовая доля золы повышается. По степени эффективности окисления крахмала катализаторы можно расположить в следующий ряд: FeSO_4 — NiCl_2 — CuSO_4 , CoCl_2 .

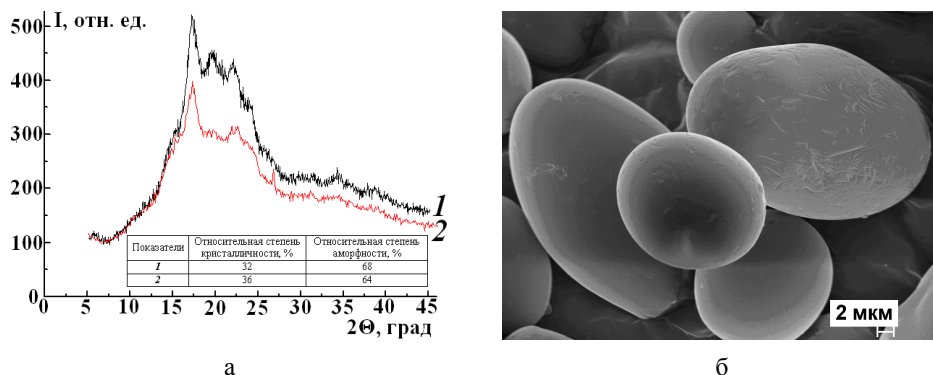


Рис. 8. Свойства картофельного крахмала окисленного H_2O_2 :

а — дифрактограммы: 1 — нативного; 2 — окисленного; б — морфологический анализ

Разработана технология производства крахмальной патоки различного углеводного состава кислотнo-ферментативным гидролизом крахмала с использованием ферментных препаратов: *Термамил SC*, *Сан Супер 360 Л* и др. Для интенсификации гидролиза сырье с естественной влажностью 17—20% подвергали экструзии при 40—70°C и частоте вращения шнека 80—90 об/мин (мин^{-1}), или к сырью с влажностью 30—60% и рН 4,5—6,0 добавляли термостабильную α -амилазу из расчета 0,1—0,3 л на 1 тонну абсолютно сухого крахмала и подвергали экструзии при 70—90°C и той же частоте вращения шнека.

Впервые предложена научно обоснованная и не имеющие аналогов в мире технология получения пищевого концентрата на основе картофеля (приемка, мойка, отделение примесей, очистка, инспекция и разваривание картофеля, приготовление осахаривающих материалов, осахаривание разваренной массы, осветление осахаренной массы, упаривание, подкисление и термообработка) и технология производства картофельных напитков (водоподготовка фильтрация, биологическая очистка, обезжелезивание и умягчение), подработка картофельного концентрата, приготовление сахарного сиропа, сахарного колера, пряно-ароматического сырья, консерванта, пищевой органической кислоты, купажирование, фильтрация купажа, розлив и упаковка) (рис. 9). Впервые разработаны способы получения пищевого картофельного концентрата из клеточного сока и картофельной мякоти, ферментативного обогащения концентрата фруктозой, оптимизации по оксиметилфурфуролу, а также получены новые продукты питания. Впервые предложен способ оптимизации по оксиметилфурфуролу картофельных напитков и способ увеличения их срока годности, а также новые рецепты напитков.

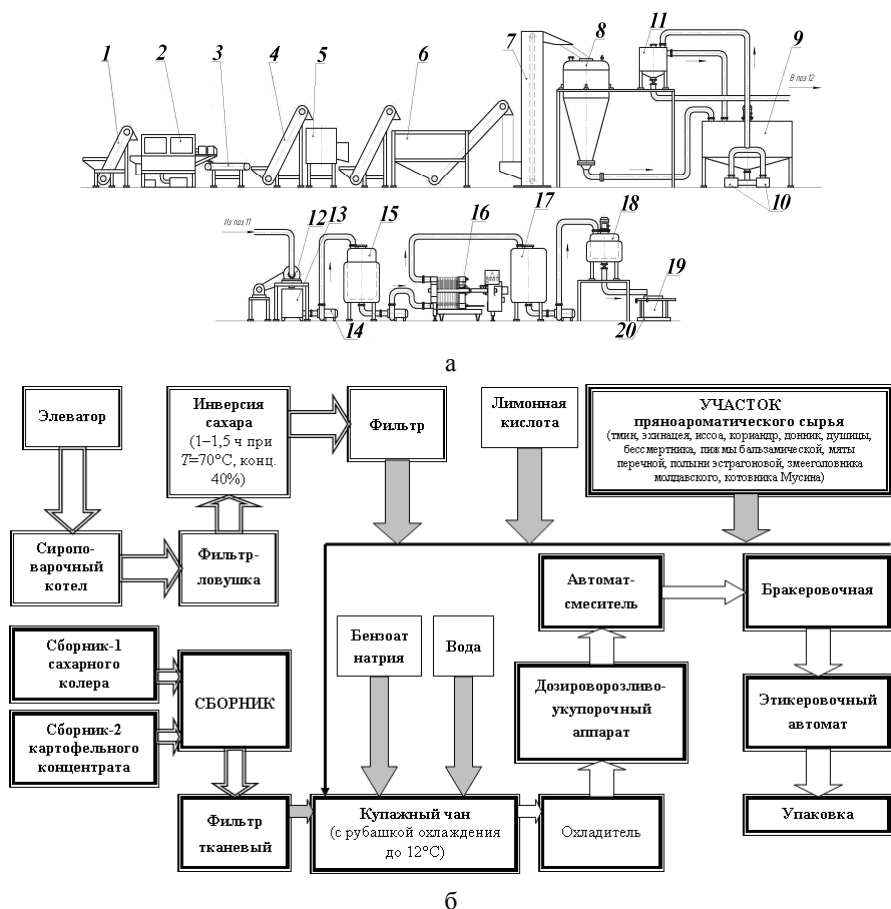


Рис. 9. Технология получения пищевого концентрата и напитка из картофеля:
 а — аппаратная технологическая схема получения картофельного концентрата:
 1 — конвейер, 2 — машина моечная с камнеотборником, 3 — транспортер, 4 — конвейер,
 5 — машина картофелеочистительная, 6 — ванна, 7 — элеватор, 8 — разварник,
 9 — осахариватель, 10 — насос роторный, 11 — сборник, 12 — центрифуга,
 13 — сборник приемный, 14 — насос, 15 — аппарат вертикальный цельно сварной с
 эллиптическим днищем и крышкой, 16 — фильтр-пресс, 17 — аппарат вертикальный с
 эллиптическим днищем и крышкой, 18 — реактор, 19 — тара, 20 — весы; б — технология
 производства напитка «Микола» на основе картофельного концентрата

Проведена апробация предлагаемых технологий и способов модификации крахмала и крахмалосодержащего сырья на предприятиях ОАО «Краснобережский крахмало-паточный завод», РУПП «Экзон Глюкоза», ОАО «Машпищепрод», РУП «Технопрод», ОАО «Гомельский жировой комбинат», КУП «Минскхлебпром» Хлебозавод № 3, РУП «Институт мясо-молочной промышленности», РУП «Белмедпрепараты» — (Республика Беларусь), ЗАО «Погарская картофельная фабрика» — (Россия), Daklak tarjosa factory «Gamprimex» — Вьетнам и других. Разработано 18 технических условий, получено 9 актов внедрения и 20 актов о практическом использовании результатов исследований.

Выводы

Таким образом, нами выполнено комплексное научное исследование по разработке научно-практических основ создания импортозамещающих технологий модификации крахмалов и крахмалосодержащего сырья с использованием физических, физико-химических, химических и биохимических модифицирующих факторов и на их основе — новых продуктов питания.

Литература

1. Рихтер М., Аугустат З., Ширбаум Ф. Избранные методы исследования крахмала; пер. с немец. М.: Пищ. пром-сть. 1975. 182 с.
2. Андреев Н.Р. Основы производства нативных крахмалов. М.: Пищепромиздат. 2001. 289 с.
3. Жушман А.И. Модифицированные крахмалы. М.: Пищепромиздат. 2007. 236 с.
4. Химия и технология крахмала / Р.В. Керр, Ж.В. Цезар, Л.М. Кристенсен и др.; под ред. Р.В. Керра; пер. с англ. М.: Пищепромиздат. 1956. — 579 с.
5. Kerr R.W. Degradation of corn starch in the granule state by acid. *Starke*. Vol. 4. 1952. P. 39.
6. Гулюк Н.Г., Жушман А.И., Ладур Т.А., Штыркова Е.А. Крахмал и крахмалопродукты. М.: Агропромиздат. 1985. 240 с.
7. Трегубов Н.Н., Жарова Е.Я., Жушман А.И., Сидорова Е.К. Технология крахмала и крахмалопродуктов. М.: Легкая и пищ. пром-сть. 1981. 421 с.
8. Карпов В.Г. Разработка технологии новых видов крахмалопродуктов экструзионным способом: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. д-ра техн. наук: 05.18.05 / Всерос. науч.-исслед. ин-т крахмалопродуктов. М. 2000. 48 с.
9. Komiyama T., Nara S. Changes in crystallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment. *Starch/Starke*. Vol. 38. 1986. P. 9—13.
10. Osunsami A.T., Akingbala J.O., Oguntimehin G.B. Effect of storage on starch content and modification of cassava starch. *Starch/Starke*. Vol. 41. 1989. P. 54—57.
11. Shi Y.-C., Seib P.A. The structure of four waxy starches related to gelatinization and retrogradation. *Carbohydr. Res.* Vol. 227. 1992. P. 131—145.
12. Литвяк В.В., Росляков Ю.Ф., Бутрим С.М., Козлова Л.Н. Крахмал и крахмалопродукты: монография; под ред. д-ра техн. наук, профессора Ю.Ф. Рослякова. Краснодар: Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ». 2013. 204 с.
13. Литвяк В.В., Лисовская Д.П., Росляков Ю.Ф. Модифицированный картофельный крахмал как студнеобразующая основа для жележных кондитерских изделий. *Известия вузов. Пищевая технология*. № 2—3. 2012. С. 47—51.
14. Литвяк В.В., Росляков Ю.Ф. Механизм химической модификации крахмала. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2013. № 2—3. С. 31—35.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати даний матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути опублікована лише одна стаття автора (як власна, так і в спів-авторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вчитаних роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською та українською мовами (1 800 символів з пробілами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті;
 - викладення 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.